ستانلي د. بيك

بساطة العلم

ترجمة

زكريا فهمي

مراجعة

د. عبد الفتاح إسماعيل

تقديم

د. منتصر عبد الرحمن

الكتاب: بساطة العلم

الكاتب: ستانلي د. بيك

ترجمة: زكريا فهمي، مراجعة: د. عبد الفتاح إسماعيل

تقديم: د. منتصر عبد الرحمن

الطبعة: ٢٠٢١

الناشر: وكالة الصحافة العربية (ناشرون)

٥ ش عبد المنعم سالم – الوحدة العربية – مدكور- الهرم – الجيزة

جمهورية مصر العربية

هاتف: ٣٥٨٢٥٢٩٣ _ ٣٥٨٦٧٥٧٦ _ ٣٥٨٦٧٥٧٥

فاكس: ٣٥٨٧٨٣٧٣

http://www. bookapa.com **E-mail:** info@bookapa.com

دار الكتب المصرية

فهرسة أثناء النشر

د.بيك، ستانلي

بساطة العلم/ ستانلي د.بيك، ترجمة: زكريا فهمي، مراجعة: د. عبد الفتاح إسماعيل،

تقديم: د.منتصر عبد الرحمن – الجيزة – وكالة الصحافة العربية.

٢٨٩ ص، ١٨*٢١ سم.

الترقيم الدولي: ٥ – ٨١ – ٦٨٢٣ – ٩٧٧ – ٩٧٨

أ – العنوان رقم الإيداع : ١٣٠٣٤ / ٢٠٢٠

بساطة العلم



تقديم

هناك العديد من التحديات والمشاكل التي تواجه الإنسان بشكلٍ يومي، والتي تختلف في حدتها، ومدى تأثيرها على حالته النفسية، ولحلها؛ فقد كان يلجأ في بعض الأحيان إلى القوة الجسدية، أو إلى الحدس، إلا أنّه نتيجة تجدد هذه المشاكل، فكان لا بدّ من إيجاد طريقةٍ علميةٍ مُبتكرة تعتمد على المنطق، والخبرات أو التجارب السابقة لحلها بشكلٍ سريعٍ وفعال، مع الحرص على أن لا تتكرر مرةً أخرى..

وهناك خطوات لحل المشاكل بطريقة علمية؛ وفي البداية يجب تحديد مجموعة من الحلول حيث إن هناك شرطين أساسيين لوضع الحلول، وهما: التفكير بالعقل، وليس بالعاطفة، والاعتماد على الخبرات السابقة والمكتسبة، والتي يشترط فيها أن تكون مبنيةً على العقل أيضاً، ومن الممكن الاستعانة ببعض الأصدقاء أو الأقارب الكبار في السن، والذين يمتلكون الخبرة والرزانة والتعقل لوضع قائمةٍ مقترحةٍ من الحلول، ثُم يتم اختيار الحل الأمثل.. كما يجب على الإنسان أن يبدأ بدراسة القائمة المحددة في الخطوة السابقة بشكلٍ دقيق، حيث يتوجب عليه أن يعرف أن الحلول تُقسم إلى نوعين، ألا وهما: الحل الأفضل، وهو الحل الجذري للمشكلة، والذي قد يكون في غالب الأحيان صعباً أو مُستحيل التنفيذ، إذ إنّه لا يأخذ بعين الاعتبار الظروف المحيطة بالشخص، والحل

الأنسب هو الحل المُستخدم للتخلّص من المشكلة الحالية، مع مراعاة ظروف الإنسان الشخصية والاجتماعية والمادية، وغيرها.

تُعتبر عملية وضع الحلول واختيار الأنسب منها من الخطوات السهلة والبسيطة، إلا أنّ تطبيقها قد يشكّل بعض الصعوبات، لذلك لا بدّ من الاستعانة بشخصٍ خبيرٍ ومختص لتنفيذ الحلول بطريقةٍ صحيحة ودون أيّ أخطاء، إذ يجب على الإنسان أن يبتعد عن التفكير الأناني المنفرد، والسماح للآخرين بمساعدته.

التغذية الراجعة تعني تقييم الحلول المختارة، والتي تم تطبيقها على أرض الواقع، وعادةً ما يتم اللجوء إلى هذه الخطوة في حالة المشاكل التي يتم التعرض لها في المصانع، حيث يكون الهدف منها هو التأكد من جودة المنتجات، ومدى ملاءمتها للمستهلكين.

الطريقة العلمية أو المنهج العلمي أو الثقافة العلمية هي عبارة عن مجموعة من التقنيات والطرق المُصممة لفحص الظواهر والمعارف المُكتشفة أو المُراقبة حديثاً، أو لتصحيح وإكمال معلومات أو نظريات قديمة، وتستند هذه الطرق أساساً على تجميع تأكيدات راصدة وتجريبية وقابلة للقياس تخضع لمبادئ الاستنتاج؛ ومع أن طبيعة وطرق المنهج العلمي تختلف حسب العلم المعني فإن هناك صفات ومميزات مميزة تميز البحث والتقصي العلمي عن غيره من أساليب التقصي وتطوير المعارف.

عادة يضع الباحث العلمي فرضية أو مجموعة فرضيات كتفسير

للظاهرة الطبيعية التي يدرسها ويقوم بتصميم بحث علمي تجريبي لفحص الفرضيات التي وضعها عن طريق فحص تنبؤاتها ودقتها؛ فالنظريات التي تم فحصها وتقصيها ضمن مجال واسع وعدد كبير من التجارب غالباً ما تكون نتيجة جمع عدة فرضيات مُتكاملة ومُتماسكة تُشكل إطاراً تفسيرياً شاملاً، وضمن هذه النظريات أيضاً يُمكن أن تتشكل فرضيات جديدة يتم فحصها.

يُشير مُصطلح الأسلوب العلمي إلى ذلك الإطار الفكري الذي يعمل بداخله عقل الباحث، في حين أن كلمة "منهج البحث" تعني الخطوات التطبيقية لذلك الإطار الفكري، ولا يعني هذا الاختلاف ماهية هذين الاصطلاحين، أي تعارض بينهما، فمن الناحية اللغوية يتقارب كثيراً معنى كل من الأسلوب والمنهج، ولكن يُقصد بهذا التمييز التوضيح والتفسير، ففي أي دراسة علمية تتخذ العمليات العقلية في ذهن الباحث ترتيبا وتنظيماً مُتكاملاً يوجه خطواته التطبيقية، ولذلك يُفضل أن يستقل كل مُصطلح بجانب من الجانبين بحيث تستعمل كلمة "أسلوب" لتُشير إلى الجانب التطبيقي لخطوات البحث، ولتوضيح ذلك أكثر يعتمد التمثيل في أن نتصور وجود مشكلة ما تواجه شخصين، الأول يتخبط ويحاول ويُخطئ حتى يصل إلى حل ما لهذه المشكلة قد يكون صواباً أو خطأ، ولكنه في كلتا الحالتين لا يُعتبر مُحققاً علمياً، لأنه لم يسر في حلها تبعاً لتنظيم ذهني يُمكنه من التحقق من نتائجه، أما الثاني فيُعالج المشكلة بأسلوب علمي أي أنه سار في حلها بخطوات فكرية مُعينة يُطلق عليها العلماء

"خطوات التفكير العلمي"، وهذا ما يُميز الباحث العلمي عن الشخص العادي؛ فأسلوب التفكير العلمي هو الذي يُميز الباحث العلمي ويُمكنه من تمحيص نتائج بحثه والتحقق من صحتها.

أما بخصوص خطوات الأسلوب العلمي في التفكير، فهي تكاد تكون هي نفسها خطوات أي منهج بحثي، مع وجود بعض التفاصيل التي تختلف باختلاف مناهج البحث، إلا أن الأسلوب الفكري هو الذي يُنظم أي منهج بحثي.

وما بين يديك هو كتاب بالغ الأهمية.. يضع قدمك على أول الطريق العلمي الذي يجعلك تحل مشكلاتك بطرق إبداعية؛ كما يجعل العلم بساطا عريضا تمشي عليه وتستوعب منه كُل ما تراه وتسمعه .

د. منتصر عبد الرحمن

مقدمة المترجم

منذ أن خطا العلم خطواته الأولى الجبارة في بداية العصر الحديث، وأخذ يستقل عن الفلسفة على نحو متزايد، كانت هناك دائماً محاولات لإعادة التفاهم بين هذين المبحثين ولتحديد الصلات بينهما على نحو يكفل لكل منهما حقوقه المشروعة. غير أن معظم هذه المحاولات كان يأتي من جانب المشتغلين بالفلسفة. ويظهر ذلك بوجه خاص في فرع خاص للدراسة الفلسفية يحمل اسم "مناهج البحث العلمي"، وقد يسمى أحياناً "فلسفة العلوم"، وهو فرع يحاول استخلاص الأسس المنطقية، أو الفلسفية، للدراسات العلمية.

ومع ذلك فإن محاولات التوفيق هذه، نظراً إلى صدورها عن فلاسفة، لم تكن تقابل في كل الأحيان بالترحيب من جانب العلماء، الذين كانوا يعتقدون أن المشتغلين بالفلسفة لا يقدمون للعلم صورة صحيحة، ولا يستطيعون التعمق في مشكلاته الحقيقية، وإنما "يفلسفون" هذه المشكلات بطريقتهم الخاصة. لذلك كان من الطريف أن يحاول بعض المشتغلين بالعلم، من جانبهم، أن يقتربوا من الفلسفة، وأن يقوموا بمهمة التوفيق هذه من وجهة نظر العالم، لا الفيلسوف.

والكتاب الذي نقدمه ها هنا من الكتب الجيدة التي ألفت في هذا الموضوع، من وجهة النظر العلمية. فمؤلفه "ستانلي د.بيك" هو عالم

أمريكي متخصص في علم الحيوان، نشأ في ولاية واشنطون بغرب الولايات المتحدة، وكان منذ حداثته يبدي ميولاً علمية واضحة، ويكون لنفسه مجموعاته الخاصة من الفراشات وغيرها، مما دل على استعداد كبير لدراسة التاريخ الطبيعي. وقد تخرج في كلية ولاية واشنطون، وحصل بعد الحرب العالمية الثانية على الدكتوراه في علم الحيوان من جامعة وسكونسن، التي يعمل بها الآن أستاذاً مساعدًا، وتخصص في فسيولوجيا الحشرات التي تكيف نفسها مع الأنواع النباتية المختلفة. أما اهتمامه بالدراسات الفلسفية فقد اشتد منذ عام ١٩٥٢، حين أدت إصابته بمرض شلل الأطفال إلى تخفيف نشاطه العملي في ميدان علم الحيوان. وقد قرأ مؤلفات مجموعة من كبار الكتاب في فلسفة العلوم، منهم ألفرد نورث وايتهد، وإرنست ناجل، وبرتراند راسل، وكثير غيرهم.

وعلى الرغم من تأثره بفلاسفة العلم هؤلاء، فإن كتابه هذا، كما قلنا من قبل، مكتوب من وجهة نظر العالم لا الفيلسوف. وأهم مزاياه أنه لا يتعصب للعلم، وإنما يسعى دائماً إلى ترك الباب مفتوحاً لأساليب أخرى، في حل مشكلات الإنسان، غير الأسلوب العلمي، بما فيه من ملاحظات وفروض وتجارب ونظريات. فمع إيمانه التام بقيمة المنهج العلمي في اكتساب المعرفة، يؤكد لنا أننا لا نملك تأكيد احتكار العلم لميدان المعرفة بأسره، بل إن من الممكن –نظرياً على الأقل– أن تكون هناك معارف راجعة إلى مصدر غير العلم (كالفن والدين والأدب)، ومكتسبة

بوسائل ومناهج غير وسائل العلم ومناهجه.

ولكن مؤلف الكتاب، رغم هذا، لا يتطرف في نظرته هذه إلى حد الجور على سلطان العلم، بل إن من أهم مزايا هذا الكتاب أن مؤلفه يعطي النظرة العلمية حقها الكامل، وينتقد بكل وضوح تلك الأخطاء التي تسللت إلى العلم وهو منها براء. ولذلك يمكن أن يعد هذا الكتاب مدخلاً لدراسة طبيعة العلم وتركيبه وخصائصه ومناهجه، ولبيان حدوده التي لا يستطيع أن يتعداها.

والكتاب في صورته هذه يعد متكاملاً، يحقق الغرض المرسوم له بوضوح، على الرغم من أننا حذفنا منه فصلاً أخيراً بعنوان "العلم والروح" خاض المؤلف فيه مشكلات لا تهم القارئ في الشرق العربي. وعلى أية حال فإن هذا الحذف لم ينقص من القضايا الرئيسية للكتاب شيئاً، ولم يؤد إلى أي إخلال بوحدته.

الفصل الأول
الأبراج العاجية والأسواق

حيثما جلت ببصرك في أرجاء الأرض وجدت التغير سائداً، إذ إن عالمنا عالم لا يستقر على حال. فالمد والجزر يتعاقبان، والأيام تشرق وتغيب، والفصول تتوالى، والسنون تنقضي، والجبال تشق طريقها إلى عنان السماء، ثم تتآكل وتعود إلى الهبوط، والمثالج الهائلة تنزلق جنوباً لكي تذوب عندما يمر الطقس بدورته الكبرى. والبذور تنمو وتترعرع مكونة أشجاراً باسقة، ثم تذبل وتعود إلى الأرض. والمدنيات تنبثق من حطام مدنيات سابقة، وتزدهر، ثم تذوي ويطويها النسيان. والنباتات والحشرات والصخور والبشر يمرون بالمراحل المقدرة لهم ثم يتوارون في ظلام الماضي الحالك. ففي عدم الاستقرار هذا يكون قوام ظواهر عالمنا، إذ إن الظاهرة ما هي إلا تغير وحدوث. ولولا التغير لكان الكون عقيماً، خالياً من كل معنى وجمال.

والحق أن جمال عالمنا وغموضه يفتن العقل المتطلع إلى المعرفة، ويشكل تحدياً للمغامر. ومن المؤكد أن المغامرة الكبرى في أيامنا هذه إنما تقع على حدود العلم. إن المرء قد يسعى إلى فهم ظواهر العالم لمجرد اكتساب لذة المعرفة، أو قد يسعى إلى ذلك من أجل تسخير قوى الطبيعة في سبيل زيادة طمأنينة الحياة وراحتها، وحتى يمكننا أن نورث أطفالنا طريقة أفضل في الحياة.

والواقع أن السعي إلى كشف غوامض الطبيعة لا يحتاج إلى تبرير سوى أن هذه الغوامض موجودة بالفعل، تشكل تحدياً قائماً على الدوام. وإنك لترى الرياضي يتدرب في صبر شهوراً طويلة، ثم يحاول –وقلبه ورئتاه تكادان تتفجران– أن يجري مسافة الميل أسرع من أي إنسان قبله، مع أن في وسع صبي يركب دراجته أن يجري هذه المسافة أسرع منه. ثم إن مضمار الجري بيضاوي، بحيث إنه عندما يتم جرى الميل، يكون قد عاد من حيث بدأ. فالدافع الوحيد إلى محاولة جري الميل في زمن قياسي هو التحدي الذي يشكله. وكم من أجيال من الناس حاولت تسلق قمة جبل إيفرست، وأخفق العشرات، بل إن الكثيرين منهم قد تركوا عظامهم المحطمة على الجبل. وعندما تحقق الانتصار آخر الأمر، استقبل الرجال الذين حققوه استقبال الأبطال. ومع ذلك فإنهم بعد أن وصلوا إلى القمة، كان عليهم أن يعودوا إلى السفح، وأن يرجعوا من حيث أتوا، وكان الشيء الوحيد الهام في عملهم هذا هو أن جبلاً هائلاً قد قهر، وأن تحدياً هائلاً قد ووجه.

إن التحدي وحده يبرر الجهد المبذول في مواجهته. ولو أصبح العقل البشري من الخمول بحيث لا يهتم بأسرار الكون، ولا يعبأ بالتحدي المذهل للمجهول، وإنما يكتفي بحياة وضيعة لا يسعى فيها إلا وراء الطعام والشراب والنوم والتناسل، لما نميز الإنسان عن الحيوانات الثديية إلا تشريحياً فحسب.

وطوال العصور التي انقضت منذ العهود البدائية البسيطة حتى العصر

المعقد الحديث، كان الإنسان يطلب من العالم المحيط به شيئين: أولهما أن يقدم العالم إليه وسيلة للعيش تحقق له قدراً معيناً من الراحة والاطمئنان. وهذا مطلب حيوي بسيط في ذاته، وهو ضروري إلى أقصى حد من أجل بقاء الجنس البشري واستمراره. ولكن للإنسان، بالإضافة إلى هذا المطلب الحيوي، مطلباً آخر عقلياً، هو أن يكون لعالمه صورة لها معناها. فمهما كان من سذاجة معرفته وقصورها، فإنه يجد نفسه ملزماً بابتداع إجابات عن الأسئلة التي يضعها. ولو ترك سر الحياة والكون دون حل، لكان العالم فوضى لا يعني بالنسبة إليه شيئاً.

وإذ تأمل الإنسان الشمس والنجوم وعالمه وذاته، فقد تطلع بعقل ملهوف إلى السر الأعظم، باحثاً عن عقل أعظم منه، وعن ضمان بوجود غاية وسبب وقيمة لحياته.

ومن أعماق وجوده أحس بنبضات روح لا تقهر، تربطه بعالم الخلود، وبالحدس، الذي قد يكون أصله راجعاً إلى الرغبة، أيقن أنه ليس وحيداً في الكون، وأن ماهية حياته تتجاوز نطاق قبره على هذه الأرض.

ولقد أدى سعي الإنسان إلى الراحة والطمأنينة إلى معرفة الزراعة والهندسة العملية والمواصلات والحروب والطب. وكل هذه المعارف تكون التكنولوجيا، أي القدرة على استخدام موارد الأرض في أغراضنا الخاصة. فهذا النوع من المعرفة الدائمة الاتساع قد اكتسب وتراكم وانتقل من جيل إلى الجيل التالي بوصفه وسيلة لإرضاء مطالبنا الحيوية التي

نفرضها على الطبيعة. أما المطلب العقلي، الذي نسعى فيه إلى أن يكون عالمنا مفهوماً وذا معنى، فقد أدى إلى إقامة واستمرار أنواع أخرى من المعرفة تختلف عن التكنولوجيا، هي الدين والفن والعلم، وهي كلها وسائل لإضفاء معنى على الطبيعة التي تبدو مفتقرة إلى كل تنظيم، ولتفسير العالم وتحديد موقعنا فيه. على أن الوجهين البيولوجي والعقلي للحياة الإنسانية ليسا منفصلين كل عن الآخر. فمن تشابك التكنولوجيا والأيديولوجيا، يتحدد شكل المدنية ومصيرها.

وفيما يتعلق بالحضارة الغربية، يعد القرن العشرون ثالث قرون العصر العلمي. فمن بذور الفكر التي غرست في العصور القديمة، ظهرت بوادر العصر العلمي في القرن السابع عشر، ثم نمت وآتت ثمارها في القرون الثامن عشر والتاسع عشر والعشرين. ولا يمكن التنبؤ بنهاية لهذا العصر العلمي. فنحن لسنا في مفترق طرق، ولسنا في أزمة. وليس في وسعنا الآن أن نختار اتجاه النمو الذي تسير فيه حضارتنا، إذ أن الاختيار قد تم بالفعل: فالحضارة الغربية بأسرها ملزمة بالتقدم عن طريق تطبيق المعرفة العلمية.

إن العلم الحديث يؤثر في حياتنا اليومية بلا انقطاع. فطريقة تفكيرها، وطريقة قضاء أوقات فراغنا، وأسلوب حياتنا، بل مدة حياتنا ذاتها، كل هذا متأثر بالتراث العلمي للقرن الذي نعيش فيه. والواقع أن الأرقام الدالة على الأعمار المتوقعة ترتفع من عام إلى عام، بحيث إن الطفل الذي يولد اليوم في إحدى البلدان الصناعية يكون عمره المتوقع

ضعف عمر أجداده منذ قرنين من الزمان. وكم من أمراض بشعة، كالدفتيريا والجدري والتيفوس، أمكن مكافحتها إلى حد أوشكت معه على الاختفاء التام. كما انخفضت نسبة الوفيات في الولادة إلى جزء ضئيل جداً مما كانت عليه منذ أجيال قليلة مضت. والواقع أن قائمة التقدم الذي يتحقق في مكافحة الأمراض وعلاجها، يمكن أن تتسع حتى تبلغ أبعاداً هائلة بحق، بعد أن أصبحت مهنة الطب حريصة كل الحرص على تطبيق نتائج البحث العلمي. ولو قارنا أنفسنا بالناس الذين كانوا يعيشون في أية فترة تاريخية سابقة، لوجدنا أننا لا نحيا حياة أطول وأصح فحسب، بل إن حياتنا أهنأ بما فيها من ثروة مادية أعظم. فلم يسبق لأحد من قبلنا أن تمتع بهذا القدر من "رغد العيش".

ولقد أدى المذياع والتلفزيون والرادار والصواريخ والأقمار الصناعية إلى تضاؤل حجم الأرض، بحيث يستطيع الناس في كل أرجاء العالم أن يكونوا جيراناً، وإن كنا نجد أن المحافظة على حسن الجوار ليست بالأمر الهين. ومع ذلك فإن النصيحة المشهورة التي تقول: "أحب جارك"، قد تغدو في المستقبل قاعدة لا غناء عنها من أجل استمرار حياتنا، بدلاً من أن تكون لفظاً أجوف يسهل التغاضي عنه. ولم يقتصر الأمر على انكماش الأرض إلى حد أصبح معه العالم المتمدن كله أشبه "بفناء خلفي" لنا، بل إن مصاعب البيئة المادية قد ذللت. فالرادار يخترق ظلام الليل ويشق طريقه في الضباب لإرشاد السفن والطائرات بدقة وأمان. والعواصف

والأعاصير تتعقب بحيث يمكن تحويل الأعمال التي يقوم بها الإنسان بعيداً عن طريقها، مما يقلل من خسائرها إلى أدنى حد. ومن الممكن. في حدود معينة، جعل الأمطار تسقط حيث تدعو الحاجة إليها. كما أن الازدياد المستمر في فعالية وسائل مكافحة الأعشاب الضارة والآفات الزراعية، يتيح للنباتات المهجنة في أراضينا الزراعية أن تنتج كميات أكبر وأنواعاً أفضل على الدوام.

والواقع أن العلم، في التصور الشعبي، مرادف للتقدم –أعني التقدم في الصحة والراحة والفراغ وفي الثروة المادية، وكذلك التقدم في السرعة، أي سرعة السفر، وسرعة الاتصال، وسرعة تدمير أعدائنا، سواء أكان هؤلاء الأعداء بشراً أم نباتاً أم حيواناً. وبالمثل فهو يعني التقدم في تذليل مصاعب البيئة الأرضية، ثم الفضاء الكوني في المستقبل القريب. وهكذا يفترض الناس أن تقدم الجنس البشري ومصيره متوقف على العلم، ويعتقدون أن من لم يكن علمياً فهو رجعي لا عقلي، إن لم يكن معتل الذهن تماماً.

وهكذا ترتب على النهضة العظيمة للعلم أن أخذت كل ضروب النشاط تسعى إلى اكتساب صفة العلمية. ولا ترجع هذه الرغبة في "السير مع التيار" إلى فهم للعلم، وإنما هي ترجع إلى الشعور بالحاجة إلى رضاء الآخرين. فهي مرتبطة إلى حد بعيد بالاعتقاد الشائع بأن أي شيء يسمى علمياً –سواء أكان بقولاً أم قنابل أم معتقدات– لابد أن يكون أفضل من أي شيء لا يحمل هذه التسمية. والواقع أن إيماننا بالعلم إنما ينشأ عن

ذلك النجاح الفني الهائل الذي يمكن إرجاعه إلى الجهد العلمي، وإلى إيماننا بالنجاح ذاته. وهكذا فإننا نتوقع من العلم، نظراً إلى كونه ناجحاً، أن يحل جميع مشكلاتنا، المادية منها والروحية، ونرى، عن حق أو عن وهم، أن تصديق العلم على أمر من الأمور هو الضمان الحقيقي لنجاحه.

ولقد ارتكبت، باسم العلم، اعتداءات على الحرية الخاصة، سواء على مستوى الأمة والمجتمع المحلي والفرد. فالأمة تهدد أمة أخرى بالحرب النووية. واستفتاءات الرأي العام تجري لكي تنبئنا بالطريقة التي سنقترع بها حتى قبل إجراء الانتخابات. ويعلن هواة الإحصاء من خبراء المرور كم عدد الذين سيقتلون أنفسهم منا في السيارات خلال عطلة نهاية الأسبوع، بينما نعلم نحن، حتى قبل أن يسيل الدم على قارعة الطرق، أن تنبؤاتهم تتصف بالدقة المخيفة. وأجهزة التلفزيون تجلب إلى حجرات جلوسنا أعداداً كبيرة من الغرباء، الذين يتراقصون برشاقة الأشباح داخل حدود الشاشة الالكترونية لكي يبيعوا لنا شيئاً ما: نظف أسنانك بآخر وأفضل معجون للأسنان اعترف به العلم –دخن سجائر أفضل علمياً– عش حياة حقيقية في بيت مصمم بطريقة علمية. وهكذا تستمر الإعلانات إلى حد يبعث على السأم.

فإن كان لنا أن نعيش في عصر علمي، وهو أمر لا مفر منه، فإن من الأهمية بمكان أن نفهم طبيعة العلم ذاته. ذلك لأن العلم لو لم يكن سوى مضادات الحيويات، واللدائن (البلاستيك)، ومبيدات الحشرات، والقنابل

الهدروجينية، وكل المنتجات الأخرى التي يزهو بها عصرنا ويفخر، لما كان ثمة مشكلة. إذ إن القدرة على اختراع وإنتاج مثل هذه المنتجات هي جزء من معلوماتنا التكنولوجية التي مكن أن تمتد، في هصرنا الحديث، إلى ما لا نهاية. فهذه الأشياء تسهم في تحقيق مطالبنا البيولوجية المتعلقة بالغذاء والراحة، وليس لها تأثير كبير في الجانب العقلي والأيديولوجي من حياتنا. غير أن العلم، كما أوضحنا في بداية هذا الفصل، هو تراث عقلي، لا مجرد تقدم تكنولوجي فحسب. فالعلم نسق من المعرفة؛ ولا نعني بذلك المعرفة كلها، وإنما نعني نوعاً معيناً من المعرفة يتعلق بتركيب العالم المحيط بنا وطريقة سيره. وسوف ينصب اهتمامنا، خلال الجزء الأكبر من هذا الكتاب، على بحث طبيعة العلم وتركيبه وحدوده. أما الآن، فلنقل إن العلم نوع من المعرفة.

إن أقراص الفيتامين، والتلفزيون، والرادار، والأنواع المهجنة من القمح، ليست علماً، وإنما هي مجرد نتائج لتطبيقات معينة أجريت على معارف علمية. فهذه الأشياء، وألوف غيرها، هي ثمار العلم، وهي تمثل طرقاً يمكن أن يستخدم بها العلم في مجتمعنا من أجل حل مشكلاتنا وزيادة حياتنا يسراً وثراء. وإن هذا التمييز بين العلم وتطبيقاته ليغدوا واضحاً كل الوضوح إذا تذكرنا أن طريقة استخدام أي جزء من المعرفة العلمية ليست نتيجة محتومة لهذه المعرفة. فطريقة استخدام العلم تتحدد على أساس نوع الحضارة التي نسعى، بوصفنا مجتمعاً، إلى تشييدها.

ولقد استمعت في الآونة الأخيرة إلى رجل ينظر إلى المستقبل نظرة يائسة، لأن البشر، كما يقول، "ليست أمامهم فرصة للبقاء طويلاً، ما دام العلم يخترع باستمرار وسائل جديدة لقتل المزيد من الناس". ولكن الواقع أن الأمم، لا العلم، هي التي تصنع الآلات الرهيبة من أجل قتل مواطني الأمم الأخرى.. فالمعرفة الفيزيائية للمادة والطاقة، وإن تكن أساسية من أجل اختراع القنبلة الذرية، لا يمكن أن تتفجر، ولو نظرنا إلى تلك المعادلة التي أصبحت الآن مشهورة، وأعني بها ط= ك جـ٢ (الطاقة في أي جسم تعادل كتلته مضروبة في مربع سرعة الضوء)، لوجدناها وادعة لا تؤذى أحداً. ولو كانت المجتمعات متمسكة بأهداب السلام، لأمكن استخدام القوى الهائلة التي تنبأت بها تلك المعادلة في توليد الطاقة، وفي الأبحاث العلمية والطبية، وفي تحريك الجبال. ولكن الاتجاه الذي سارت فيه المجتمعات البشرية قد أدى إلى استخدام المعرفة العلمية في صنع أجهزة الدمار.

ولا حاجة بنا إلى القول إن الوجه الإيجابي من الصورة هو بدوره حافل بجلائل الأعمال. فقد انتفع البشر أعظم الانتفاع من تطبيق العلم على مشكلات الحياة. غير أن هذه الأعمال الجليلة بدورها ناتجة عن الطرق الخاصة التي انتفع بها المجتمع من العلم. وعلى ذلك فالعلم، من حيث هو علم، ليس في آخر الأمر مسئولاً عن القنابل الهيدروجينية ولا عن أقراص الفيتامين، ولكنه مسئول مسئولية كاملة عن المعرفة اللازمة لاختراعهما. أما مسألة كون المجموع الكلي للتطبيق العلمي سيزيد من نفع الجنس البشري

أو من ضرره أو دماره، فهذا أمر يتوقف على ما نريده بوصفنا مجتمعاً، وعلى ما تضطرنا المجتمعات الأخرى إلى القيام به. ففي عصر العلم هذا، يعد العلم بالفعل أداة فعالة في تشكيل أية مدنية. غير أن النحات، لا الأزميل، هو الذي ينبغي أن يرجع إليه الفضل في صنع التمثال.

على أن الفصل بين العلم وبين تطبيقاته العلمية (أي العلم التطبيقي) ليس من البساطة في الواقع الفعلي كما هو على الورق. فالبرج العاجي لا يبعد في العادة كثيراً عن السوق. ومما يزيد كثيراً من تعقيد الموقف، ذلك الضغط الذي تمارسه الفئات الاجتماعية على العلماء. فلما كان العلم معرفة متعلقة بعالم الظواهر وطريقة سيره، فلنا أن نتوقع أن تعمل الفئات ذوات المصالح المختلفة على تشجيع تقدم ميادين العلم التي تفيد في حل مشكلات هذه الفئات، مما ينجم عنه نمو غير متكافئ في ميادين العلم المختلفة. كما تترتب على ذلك نتيجة أخرى هامة، هي تحكم العلم التطبيقي في تحديد الاتجاهات التي يسير فيها تراكم المعرفة العلمية البحتة.

إن الأموال التي تنفق على العلم في الولايات المتحدة سخية إلى حد بعيد. فالجمعيات الخيرية، والجماعات التي تهدف إلى تشجيع الأبحاث في أمراض معينة (كالسرطان، وشلل الأطفال.. الخ)، والهيئات الحكومية، والشركات الصناعية، تستثمر كلها مبالغ كبيرة من المال في الأبحاث العلمية. على أن ذلك لا يرجع إلى مجرد الرغبة في إتاحة العمل للعلماء، وإنما تمول الأبحاث العلمية لأن من المتوقع أن تأتي ببعض العائد في صورة

معلومات لها فائدتها. ففي حالة إعانة الأبحاث الصناعية، يأمل الممولون في الحصول على معلومات تدر ربحاً مباشراً. أما في معظم الحالات الأخرى، فإن وجهة نظر الممولين هي اكتساب فائدة بعيدة المدى: فهم يتوقعون أن تسهم الأبحاث في إيجاد المعلومات الأساسية اللازمة من أجل حل مشكلة معينة في المستقبل. ومعنى ذلك أن معظم العمل العلمي يتجه نحو تحقيق هدفين في آن واحد: أحدهما هو العلم التطبيقي والآخر هو ما يسمى "بالعلم البحت"، أو المعرفة التي لا تكتسب إلا لذاتها.

هذه النتيجة المزدوجة تتمثل بوضوح في نوع الأبحاث التي ترعاها المنظمات الرامية إلى مكافحة أمراض مختلفة. فهذه المنظمات تبدي اهتماماً كبيراً بتشجيع الأبحاث التي قد تؤدي إلى حلول لمشكلات عملية متعلقة بالأمراض. غير أنها تدرك أن المشكلة العملية لا تحل إلا عن طريق الفهم الأساسي لكل العوامل المرتبطة بالموضوع. مثال ذلك أن عدداً كبيراً من مشروعات البحث في ميدان السرطان، مخصص لدراسة الخلايا الجسمية السليمة وطريقة عملها. ذلك لأن فهم الوظائف العادية للخلايا قد يؤدي إلى نتائج عظيمة القيمة إذا ما تسنى لنا، عن طريق المقارنة بين الخلايا السليمة وبين الخلايا السرطانية، أن نحصل على بعض الدلائل التي ترشدنا إلى معرفة أسباب إصابة الخلية بالسرطان. فعندئذ فقط يمكن إيجاد وسيلة للحيلولة دون تكوين الخلايا السرطانية وانتشارها. ومن الممكن بطبيعة الحال الاهتداء إلى أمثلة عديدة أخرى لهذه الحالة في شتى الميادين العلمية المتباينة.

غير أن البحث العلمي يسير أيضاً في الاتجاه المضاد. فكثير من الكشوف ذات القيمة العلمية الحقيقية قد تمت في أثناء القيام بأبحاث تهدف إلى حل مشكلات عملية، وفي وسعنا أن نأتي بعدد هائل من الأمثلة، القديمة منها والحديثة، للتدليل على هذه الحقيقة. ففي عام ١٩٢٢، مثلا، قام "ف.ج. بانتنج" **F.G. Banting** و"س.هـ. بست" **C.H. Best** بعزل هرمون الأنسولين في صورة تكاد تكون نقية، واكتشفا شيئاً عن أهميته. وقد كانا في أبحاثهما التي أجرياها بجامعة تورنت يهتمان قطعاً وقصداً بمشكلة عملية هي مشكلة مرض السكر.

وكان لعزلهما للأنسولين أهمية طبية هائلة، إذ أنه ثبت أن للأنسولين قيمة لا تقدر في علاج مرض السكر طبياً. وهكذا ترتب على عمل هذين الرجلين، وكذلك عمل أولئك الذين اصلوا كشوفهما، إنقاذ عدد من الأرواح يفوق كثيراً تلك التي أزهقتها قنبلة ذرية ألقيت في صباح أحد أيام شعر أغسطس في هيروشيما. على أن الأبحاث المتعلقة بالأنسولين كانت لها في الوقت ذاته أهمية علمية خالصة، من حيث أنها أضافت الكثير إلى ما نفهمه عن علم وظائف الأعضاء. ومن الممكن ذكر ألوف الأمثلة الأخرى لحالات أدت فيها المعلومات المكتسبة خلال أبحاث عملية إلى زيادة حجم ذلك النسق من المعرفة، الذي نؤثر أن نطلق عليه اسم "العلم البحت"، وتوسيع نطاقه.

على أننا قد نجد عدداً أكبر من الأمثلة لأعمال علمية أدت إلى

تطبيقات عملية لم يكن يحلم بها أبداً ذلك العالم الذي قام بالكشف الأصلي. ومن أطراف الأمثلة في هذا الصدد، أعمال "لويجي جالفاني" **Luigi Galvani**، الذي كان عالماً بيولوجياً إيطالياً في القرن الثامن عشر، وكان مهتماً بالعضلات وطريقة أدائها لعملها. ففي أحد الأيام، بينما كان يقوم بتشريح ضفدعة في غرفة كان رجل آخر يريد فيها آلة للكهرباء الاستاتيكية، ولاحظ حدوث شيء غريب: ففي كل مرة كانت الآلة تبعث شرارة، كانت عضلة رجل ضفدعة جالفاني تقفز، فأثر ذلك قدراً غير قليل من حب استطلاعه وبدأ يدرس هذه النتيجة الغريبة.

وعلى أساس دراسة جالفاني المتعمقة للعضلات والكهرباء، أمكن اكتساب المعرفة التي أتاحت "لأليساندرو فولتا" **Alessandro Volta** أن يخترع البطارية الكهربائية. ولا جدال في أن جالفاني لم يكن يخطر بباله أن تعجبه من انقباض عضلة سيؤدي إلى اختراع بطارية. ولا جدال أيضاً في أن فولتا لم تكن لديه فكرة عن التطبيقات العملية المتعددة التي ستستخدم فيها بطاريته. ومع ذلك فإن اسمي هذين العالمين الرائدين معروفان لكل من يتحدث عن الفولت أو عن المعدن المجلفن، نظراً إلى ما كان لأعمالهما من أهمية عظمى في معرفتنا بالكهرباء.

ولابد لنا، قبل الانتقال إلى بحث جوانب أخرى للعلم، من دراسة عامل آخر، هو العالم نفسه. فالعالم بشر، وهو معرض لكل ما يتعرض له سائر البشر من نقائص وآمال، ومن إخفاق واضطراب. وهو ليس عبقرية

شريرة، ولا عصابياً غريب الأطوار، كما تصوره معظم الروايات والأفلام. صحيح أن من الممكن تسمية البعض عباقرة، غير أن معظم العلماء ليسوا أكثر أو أقل من أناس أذكياء، يتطلعون إلى معرفة المزيد عن هذا العالم الغريب الذي نعيش فيه.

وكل عالم يتدرب على مناهج العلم، ويأخذ على عاتقه أن يكمل في صبر وأناه تفاصيل المعرفة في الميدان الذي تخصص فيه. على أن الكشوف الكبرى لا تظهر آلياً من هذه المعلومات المفصلة، بل إن المفاهيم الجديدة تأتي، كما سنرى فيما بعد، نتيجة للمعرفة المفصلة، بالإضافة إلى ما يبذله عالم واحد أو بضعة علماء يتميزون ببصيرة تفوق المألوف، من جهود لا تكل.

فإذا كان الدافع إلى قيام العالم بعمله في حل مشكلة معينة هو تطلعه إلى تفسير ظاهرة طبيعية خاصة، فإنه يقوم بعمله بوصفه عالماً فحسب. أما إذا كان يدرس الظاهرة من أجل الاهتداء إلى حل لمشكلة عملية، أعني مشكلة يضعها المجتمع الذي نعيش فيه، فإنه عندئذ يقوم بعمله بوصفه عالماً تطبيقياً، أي باحثاً تكنولوجياً. والفارق بين الاثنين يتوقف إلى حد بعيد، على الحالة الذهنية، ومن المحال إيجاد تمييز قاطع بينهما. ويكاد كل العلماء يقومون بدور التكنولوجي خلال وقت معين على الأقل. أما في معيشتهم اليومية، فهم ليسوا بمعزل عن بقية البشر، وإنما هم مجرد أفراد عاديين في الجنس البشري.

وهكذا نرى أن العلم يختلف عن ثمار العلم. والفارق بينهما إنما هو الفارق بين المعرفة واستخدام المعرفة. فالمجتمع يستخدم المعرفة العلمية من أجل حل بعض مشكلاته وبلوغ بعض أهدافه. وهذا الاستخدام هو ما نسميه بالعلم التطبيقي. وعندما تعتقد جماعة من الناس أن أفضل حل ممكن لمشكلة معينة قد يكون بإتباع مناهج العلم والمعرفة العلمية، فإن البحث يبدأ من أجل بلوغ هذا الهدف. وقد يكون هذا البحث تكنولوجياً خالصاً –أعني استخداماً عملياً للمعرفة الموجودة، أو قد يتضمن استطلاعاً لآفاق جديدة في التفكير والتجربة، ربما أسهمت في حل مشكلة عاجلة، وفي تكوين نظرية علمية في نفس الوقت. ولاشك في أن الطريقتين تتبعان معاً في حضارتنا المعقدة. غير أن من الضروري أن ندرك أننا نحن الذين نحدد، بوصفنا شعباً ومجتمعاً، الطريقة التي يستخدم بها العلم. وبالمثل فنحن الذين نحدد، بوصفنا مجتمعاً، الاتجاه العام لتقدم البحث العلمي. فالعلم أداة هائلة، وسلاح جبار، غير أنه سلاح ذو حدين، يمكن أن يستخدم في الخير أو في الشر. وعن طريق استخدامنا للعلم، نستطيع أن نحرر الجنس البشري ونسمو به، أو أن نقضي عليه قضاء مبرماً.

إن العلم التطبيقي يتعلق بما أطلقنا عليه في مستهل هذا الفصل اسم مطالبنا الحيوية من الطبيعة. أما العلم البحت فهو أكثر من ذلك بكثير، إذ إنه نسق تفسيري من المعرفة. ولما كان يمثل تفسيراً للكون الذي نعيش فيه، فإنه يؤلف تراثاً عقلياً. والواقع أن العلم هو أنجح المغامرات العقلية

للإنسان، وبفضل هذا التراض المتراكم من الفكر والمنهج، أتيح للعقل البشري أن يتوغل بعمق في أسرار الكون.

وعلى الرغم من أن الطبيعة تشكل تحدياً، ومن أن البحث العلمي هو مغامرة كبرى، فإن العلم يتحول، في حضارتنا الحديثة، إلى قوة أيديولوجية متزايدة الأهمية. وكلما ازدادت الأرض ازدحاماً، وازدادت سرعة وسائل الاتصال والانتقام ودقتها، بدا أن حجم كوكبنا هذا يزداد تضاؤلاً. ولكن في الوقت الذي يبدو فيه كوكبنا أصغر حجماً، يزداد باستمرار اتساع آفاق العالم الذي نعرفه ونتطلع إلى فهمه والسيطرة عليه، مما يؤدي إلى أن يبدو كوكبنا الأرضي أصغر حتى مما ذكرنا. والواقع أن نمو العلم، ونضب مواردنا الطبيعية، يؤدي بنا إلى توقع مجيء يوم لا تعود فيه أرضنا كافية. أما في الوقت الراهن، فإن مشكلات البقاء تزداد إلحاحاً. وليس المقصود هنا هو بقاء الفرد، وإنما بقاء الأمم. وهكذا أصبحت مشكلات التعاون بين الأمم من أجل الاحتفاظ بالحياة على الأرض ملحة إلحاحاً صارخاً.

إن مشكلة تعلم الناس والأمم كيف يحيون مع غيرهم من الناس والأمم في سلام وتفاهم، هي مشكلة تتعلق بالأيديولوجية. ولو لم تتفق سوياً على مركز الإنسان في الكون، أو على مصيره في الأرض، أو على قيمته الفردية، فلن يمكننا أن نعيش في وفاق دائم. وقد تتبع سياسات نفعية تتيح "التعايش" السلمي نتيجة للخوف المتبادل بين الطرفين، غير أن مثل هذه السياسات لا يمكن إلا أن تكون مؤقتة، وهي تؤدي بالأمم إلى

أن تصبح معسكرات مسلحة، تعيش في جو من الرهبة والريبة. والواقع أن الحروب أو السلم المسلح لا يمكن أن تكون وسيلة لإزالة سوء التفاهم المتبادل. فالمفاهيم الأيديولوجية التي يعتنقها شعب ما، تتحكم في تحديد الأهداف والأغراض والقيم التي يتفاني في سبيلها هذا الشعب. وإن انقسام جماعات الأمم في هذا العالم إلى معسكرين مسلحين في وقتنا الراهن ليرجع إلى تعارض المعتقدات الأيديولوجية. وهذا هو الخطر الأكبر الذي يهدد بقاء مدنيتنا.

إن تقدمنا العلمي قد فاق تقدمنا الاجتماعي والروحي بمراحل. ولو أمكن تحقيق التناسق أو الاندماج بين تراثنا الاجتماعي والروحي، وبين تراثنا العلمي، لكان من الجائز أن نتمكن من إعادة التوازن. وقد يكون في استطاعتنا إذا تزودنا بأيديولوجية تتخذ من العلم أساساً لحل المشكلات البشرية، أن نواجه المستقبل بثقة واطمئنان. ذلك لأن تراث العلم معترف به بين معظم الأمم، وهو يقابل بالاحترام من كل الشعوب. فهل يمكننا إذن أن نضع صيغة أيديولوجية مشتركة على أساس مناهج العلم ومضمونه؟ إن الهدف يصبح في هذه الحالة فلسفة للحياة تكون مقبولة للجميع لأنها هي القاسم المشترك بين أيديولوجيات الشعوب المختلفة. وإن إمكان هذا الأمر أو عدم إمكانه ليتوقف آخر الأمر على مدى قدرة الفكر البشري كله على التكيف مع شروط المعرفة العلمية. فهل يمكننا أن نجيب، عن طريق العلم، عن الأسئلة الأساسية المتعلقة بمركز الإنسان وغايته في الكون؟

لاشك أننا لا نملك في الوقت الراهن من المعرفة العلمية ما يلزم للاضطلاع بمثل هذه المهمة الهائلة. والمسألة هي ما إذا كانت مثل هذه الفلسفة هدفاً نستطيع أن نسعى إليه، أم شيئاً سنظل نعجز عن تحقيقه على الدوام. ولكي نجيب عن هذا السؤال، فلابد لنا من فهم طبيعة العلم ومعناه. وعلى ذلك فسوف نقوم في الفصول التالية باستطلاع بناء العلم وتركيبه، وسوف نفحص المسلمات التي تتخذ أسساً له. وسوف ندرس حدوده التي لا يتعداها، ونحاول تقدير الإمكانيات التي يستطيع تحقيقها. وعندئذ فقط سيكون في وسعنا أن نفهم العلم بوصفه قوة تعمل على تشكيل أفكار البشر وفلسفاتهم. إن علينا أن نعرف ما يكونه العلم، وما لا يكونه، وما كان هدفنا من كتابة هذا المجلد الصغير سوى تحقيق هذه الغاية.

الفصل الثاني
ما هي التجربة؟

لقد أكدنا في الفصل الأول أن العلم نوع من المعرفة يكون أداة عظيمة النفع لحل المشكلات الفنية المتعلقة بالصناعة والزراعة والحرب والطب، وأن العلم قد أصبح قوة جبارة تعمل على تشكيل بناء حضارتنا وتشييده. غير أن التشكيل والتشييد ينبغي أن يكونا متفقين مع التصميم الذي تحدده أخلاقنا وأهدافنا: فهما لا ينبثقان آلياً من المعرفة العلمية. ولابد لفهم مدى العمق واتساع النطاق الذين يمكن بهما تطبيق العلم على المشكلات المادية والروحية التي تواجه الأفراد والأمم، من فهم طبيعة العلم ذاته على حقيقتها.

إن كلمة "العلم" **Science** مشتقة من الكلمة اللاتينية **Scire**، ومعناها "أن يعرف". وعلى ذلك فالعلم، إذا أخذ بمعني فضفاض، كان يدل على ما نعرفه، وعلى مجموع المعرفة البشرية بأسرها. غير أن تعريف العلم بأنه كل المعرفة لن يكون تعريفاً صالحاً، إذ أن من الواضح أن هناك أنواعاً مختلفة من المعرفة. هذه الأنواع تختلف تبعاً لطريقة اكتساب المعرفة، وكذلك تبعاً لإطار التجربة التي تندرج فيه. فما نعرفه عن الفنون، والأدب، والقانون، والدين، والخبرة الفنية، يكون كل منه ذخيرة من المعلومات مستقلة متفاوتة، غير أن هذه المعلومات لا تكاد تكون لها صلة بما نطلق عليه عادة اسم العلم.

إن المعرفة تكتسب على أنحاء متباينة. فنحن نعرف بعض الأشياء من تجربتنا الخاصة بوصفنا أفراداً، وهي تلك الأشياء التي تعلمناها "بعرق جبيننا"، إن جاز هذا التعبير. وهناك معارف أخرى تأتينا من تجارب الآخرين ومن تفكيرهم، عن طريق الاتصال الاجتماعي، والقراءة، والتراث التعليمي والتلقين الديني. وهناك أمور معينة نقول إننا نعرفها، ويبدو أنها تنشأ من داخل أذهاننا، أعني من الباطن أو بالحدس. ولسنا نعلم إلا القليل عن المعرفة الحدسية، ولكن يبدو أنها تأتي من مجموع تجارب المرء وأفكاره. وهكذا فإن الأنواع المختلفة للمعرفة تمثل الأوجه المتباينة لأفكارنا عن العالم المتعدد الجوانب الذي نعيش فيه.

كذلك يطلق على العلم اسم "العلم الطبيعي Natural Science"، تمييزاً له عن الفروع الأخرى للمعرفة. وبهذا المعنى وحده تستخدم كلمة العلم في هذا الكتاب. وبالفعل نجد أن العلم يهتم بالطبيعة، أي بمعرفة خصائص جميع الأشياء والأحداث الطبيعية وعملياتها. وعلى الرغم من الاهتمام الكبير الذي أصبحت تلقاه الفيزياء الذرية في الآونة الأخيرة، فإن العلم يتجاوز بكثير معرفة الجسيمات المتقلبة السريعة الحركة التي تنقسم إليها الذرات. ذلك لأن العلم ينتظم الطبيعة بأسرها، وهو يعبر عن أفضل ما لدينا من أفكار عن الطريقة التي ترتبط بها الظواهر الطبيعية سوياً، وتتداخل فيما نطلق عليه اسم الكون.

وللعلم خصائص متعددة، ولابد لفهم طبيعة العلم من بحث مفصل

لتلك الخصائص والمميزات. فلنبدأ بحثنا إذن بدراسة الوسائل التي تجمع بها المعلومات العلمية. وإذا كان تعريف بعض الكتاب للعلم بأنه لا يعدو في حقيقته أن يكون منهجاً، أعني المنهج العلمي -إذا كان هذا التعريف مفرطاً في التبسيط، فإن من المؤكد أن المنهج العلمي يقوم بدور كبير في تحديد طبيعة المعرفة العلمية.

إن الشخص غير العالم عندما يفكر في البحث العلمي، يتخيل عادة معملاً يحتوي على كمية كبيرة من الأوعية الزجاجية المعقدة، وعلى كثير من الأجهزة الغامضة الباهظة التكاليف، فيها كثير من المؤشرات والأزرار واللوحات المضيئة. فهنا يقوم العالم بمعطفه الأبيض، ومعه (كما يجيء في الأفلام السينمائية) مساعدة شقراء جميلة، بأداء تجارب تميط اللثام عن أسرار الطبيعة وتجلب الشهرة للعالم، ما لم تؤد تجاربه إلى انفجار المعمل. فإذا ما محونا من هذه الصورة المعدات الفنية، والمعطف الأبيض، والمساعدة الجميلة (للأسف الشديد)، فلن يتبقي إلا الرجل والتجربة. ففي الإنسان والتجربة نجد مفتاح المنهج العلمي. أما الإنسان، فسوف نقول عنه الكثير جداً من آن لآخر، وأما التجربة، فهي التي نود أن نتأملها الآن.

إن المرء قد يظن، لأول وهلة، أن التجربة شيء بسيط– أي مجرد محاولة نجرب فيها فكرة معينة لنرى إن كانت ستنجح أم لا. وهي بالفعل على هذا القدر من البساطة، فما عدا أمراً واحداً هو: كيف نختار الفكرة التي نجربها، وكيف نعلم أن التجربة ستعطينا أية معلومات عن هذه الفكرة؟

إن التجربة، على أهميتها في مناهج العلم، تسبقها دائماً خطوتان هامتان، وتليها خطوة هامة أخرى.

فبداية المنهج العلمي والخطوة الأولى فيه هي الملاحظة البسيطة. وتنصب هذه الملاحظة على ظاهرة معينة، هي إحدى الوقائع الصلبة في الطبيعة: فالطائر المحلق، والنحلة التي تجمع حبوب اللقاح، والإنسان الذي يموت، كل هذه وقائع. وبمثل هذه الوقائع ينبغي أن يبدأ كل بحث علمي. وعلى أساس مثل هذه الوقائع يبني العلم.

فمن المستحيل علينا أن نستكشف التفاصيل الدقيقة لشيء لا نستطيع حتى أن نلاحظه بطريقة أو بأخرى، بل إن الملاحظات تكون لب المعرفة في بعض فروع العلم الطبيعي. فالتشريح مثلا يعتمد إلى حد بعيد على الملاحظة والوصف، وهو لا يصبح تجريبياً إلا إذا اقترن بالفسيولوجيا والكيمياء الحيوية. وعلم تصنيف الأحياء **Taxonomy** فرع من علم الأحياء يتعلق بوصف جميع الأنواع المختلفة للنباتات والحيوانات وتحديد أسمائها وتصنيفها. وهذا الفرع من فروع المعرفة يكاد يكون كله وصفياً. ولم تظهر لهذا العلم أوجه تجريبية إلا في السنوات الأخيرة. وإذن فالعلم يبدأ بالملاحظات.

ومن الملاحظات نضع ونصوغ أفكاراً تتعلق بطبيعة العالم الذي نجد أنفسنا فيه. وقد تكون هذه الأفكار مسرفة في الخيال، غير أن أية فكرة تفسيرية لن تكون أقل قيمة من أية فكرة أخرى، مل لم تكن هناك وسيلة معينة لاختبارهما. وإذن فالخطوة الأولى في البحث العلمي، بعد

الملاحظة، هي تكوين فكرة مبدئية عن الطريقة التي يمكن بها تفسير الملاحظات. وتسمي الفكرة أو المشروع الأولي، قبل تحقيقهما، باسم "الفرض **Hypothesis**".

على أن القوة المذهلة للمنهج العلمي إنما تكمن في النظام المستخدم من أجل اختبار الفروض المستوحاة من الملاحظات. فذلك الاختبار يتم عن طريق التجربة، ولكن من الضروري التفكير في طريقة التجريب بإمعان وتصميمها بدقة، بحيث تقل الاختلافات في طرق تفسير النتائج إلى أدنى حد ممكن. مثل هذه التجربة تسمى بالتجربة المدبرة **Controlled**. ولابد لاكتشاف القدرة على تقدير العلم من فهم مدى اعتماد العلم على التجارب المدبرة، إذ إن هذه التجارب وحدها هي التي تتيح لنا أن نتقدم ونصحح الأخطاء التي تتسلل إلى المعرفة العلمية المعترف بها. وأفضل طريقة لمعرفة طبيعة التجربة العلمية هي دراسة واحد من أمثلتها: فلنتخذ إذن من طيران الخفافيش موضوعاً لتجربة علمية طريفة.

إن الخفاش هو الحيوان الثديي الوحيد الذي يطير بحق. صحيح أن في استطاعة بعض الثدييات الأخرى –كالسنجاب الطائر– أن ينزلق في الهواء، غير أن الخفاش وحده هو الذي يطير. وكلنا تقريباً قد رأينا الخفاش البني المألوف وهو يخبط بجناحيه بلا انتظام محلقاً في ضوء الغسق الخافت. وأكثر أنواع الخفاش شيوعاً لا يزيد حجمه على الفأر إلا قليلاً، ويطلق عليه أحياناً اسم يمكن ترجمته "بالفأر الطائر" (**Fliltermouse or**

(**Fledermaus**). وقد دلتنا الملاحظات العادية لأناس كثيرين طوال مئات السنين على أن الخفافيش طيارة مهرة، تمسك بالحشرات الطائرة وتأكلها في أثناء طيرانها. ومع ذلك فمن المعروف أيضاً أن قوة إبصارها ضعيفة جداً، وهذه الحقيقة هي التي أدت إلى ظهور التعبير الشائع: "أعمى كالخفاش". فالخفافيش إذن مشهورة بضعف إبصارها، ومع ذلك فهي لا تطير إلا ليلاً عندما يكون الظلام، على أية حال، أحلك من أن يسمح بالرؤية. أما ساعات النهار فتقضيها في وضع مقلوب في كهف أو جحر مظلم، وقد انطوت داخل أجنحتها الرقيقة المغطاة بالشعر، كأنها نائمة.

ولكن، إذا كان الخفاش يطير ليلاً ولا يأكل إلا الحشرات الطائرة، فكيف يستطيع الإمساك بها لو لم يكن يراها؟ وإذا كان "أعمى كالخفاش"، فما الذي يحول بينه وبين الاصطدام بالأشياء التي تعترضه، كالأشجار والصخور والأبنية؟ لابد أن تكون هناك وسيلة لتصميم تجارب تمدنا ببعض المعلومات عن طريقة تحليق الخفافيش بتلك البراعة البادية عليها.

ولاشك أن من العسير جداً إجراء التجارب على الخفافيش التي تطير بالفعل في الخارج. وإذن فأول ما ينبغي عمله هو اصطياد بعض الخفافيش، ثم إجراء التجارب عليها في ظروف أكثر تحديداً. ومن المهم بوجه خاص أن نجري تجاربنا في ظروف موحدة، إذ إن الظروف الموحدة تتيح لنا أن نحدث تغييراً تجريبياً واحداً في المرة الواحدة، وأن نقيس ما لهذا التغيير ذاته من تأثير في سلوك الخفافيش.

وبعد أن نحصل على بعض الخفافيش، ينبغي أن نحدد الظروف التي ستجري فيها تجاربنا. فمن الممكن أن تفي حجرة كبيرة، خالية من الأثاث ومن النوافذ، بأغراضنا على أفضل وجه. وبعد ذلك ينبغي أن نضع في هذه الحجرة بعض العقبات. ولاشك أننا لو مددنا أسلاكاً غليظة من كل حائط إلى الحائط المقابل له، ومن الأرض إلى السقف بزوايا مختلفة، لزادت مخاطر الطيران داخل الحجرة. ويمتاز هذا النوع من العقبات بأنه متجانس في الحجم، كما أن من الممكن زيادة عددها في الحجرة أو إنقاصه بسهولة تامة. ومع ذلك، فلابد أن تكون لدينا أيضاً وسيلة نعرف بها متى يصطدم الخفاش بأحد الأسلاك أو حتى يلمسه، وهذا ما تستطيع أن نحققه بسهولة إذا اخترقنا الحوائط بالأسلاك وأوصلناها بوسائل للإشارة والتنبيه. فمن الممكن أن نعلق هذه الوسائل بحيث إنه عندما يمس شيء سلكاً في الحجرة، يدق جرس أو يومض نور أو ترسم علامة على قطعة من الورق.

فلنفرض أننا جهزنا حجرة كهذه، ووضعنا فيها حوالي مائة من الأسلاك التي تشكل عقبات، كل سلك منها يتصل بأداة للتسجيل تبلغ من الحساسية حداً يتيح لها التمييز بين الاصطدام العنيف للخفاش بالسلك، وبين مسامه إياه برفق. وبعد ذلك نطلق بعض الخفافيش في الحجرة بعد إظلامها، ونرقب أدوات التسجيل التي وضعناها، فنجد أنها تنبئنا بأن كل ما يحدث هو أن أحد الخفافيش يمس أحد الأسلاك برفق من بعيد في أوقات متباعدة، ولا يحدث اصطدام بالأسلاك على قدر من العنف إلا في حالات نادرة جداً.

والآن يصبح في إمكاننا إجراء تجربة مدبرة. فنحن حتى هذه اللحظة لم نقم بتجربة، وإنما أعددنا الشروط الضرورية لها فحسب. وكما لوحظ من قبل أن الخفافيش لا تصطدم بالعقبات في بيئتها العادية، فإننا قد لاحظنا الآن أن الخفافيش لا تصطدم بعقبات الأسلاك في البيئة الصناعية التي خلقناها. ومع ذلك فإن الشيء الذي يحول بينها وبين الاصطدام ما زال سراً غامضاً، كما كان من قبل. وكل ما تحقق حتى الآن هو أننا أعددنا شروطاً مرسومة يمكننا في ظلها أن نختبر التغيرات التجريبية بسهولة، وندرس منها واحداً في كل مرة.

فإذا ما شئنا الآن أن نجري تجارب عن الطريقة التي تستطيع بها الخفافيش أن تتجنب الاصطدام بالأسلاك في حجرة مظلمة، فلابد لنا من وضع فرض، أي أننا نحتاج إلى فكرة مبدئية نتخذ منها نقطة بداية. ففي تجربتنا العادية، تتجنب الحيوانات الاصطدام بأن تفتح أعينها جيداً وتنبه للطريق الذي تسلكه. وهذا أمر يبدو بعيد الاحتمال في حالة الخفافيش، ولكن لا بأس من أن نختبر هذه الفكرة. فربما كان إبصار الخفافيش ضعيفاً في النهار، على حين أن إبصارها في أوقات الظلام يغدو حساساً إلى حد مذهل. وإذن فالفرض الذي نريد اختباره هو أن عيون الخفاش، في الظروف التي حددناها للتجربة، هي الوسيلة التي تحول دون اصطدامه بعقبات من الأسلاك. والآن، أصبحنا على استعداد لإجراء تجربة مدبرة.

في هذه التجربة ندع خفاشاً سليماً يطير بين الأسلاك، وتسجل

أدواتنا أنه لم يصطدم بأية أسلاك، فنعرف من ذلك أن هذا الخفاش بعينه يستطيع في الأحوال العادية أن يتجنب الاصطدام بالأسلاك. وعلى ذلك فإننا نتخذ من سجل الطيران العادي الذي حققه، ضابطاً للجزء التالي من التجربة. وفي هذا الجزء نأخذ الخفاش نفسه، ونعصب عينيه بأشرطة لاصقة سوداء صغيرة، ثم نتركه مرة أخرى يحلق في الحجرة المليئة بالأسلاك، فنجد أنه قد شق طريقه في الحجرة مرة أخرى دون اصطدام. ولما كان تحليقه وهو معصوب العينين مماثلاً لتحليقه وهو في حالته العادية، فلابد لنا أن نستدل على أن النتائج التي توصلنا إليها لا تدل على أن للعينين أهمية في قدرة الخفاش على الطيران. وهكذا فإن التجربة المدبرة التي أجريناها لم تؤيد الفرض الذي أخذنا على عاتقنا اختباره.

ومع ذلك، فهناك عامل آخر لم نعمل له حساباً. هذا العامل هو الصدفة –أعني الحظ المحض. فربما كان الحظ الأعمى هو الذي أتاح للخفاش أن يشق طريقه وسط كل الأسلاك، على الرغم من أن عينيه كانتا معصوبتين: والواقع أننا لا نستطيع أبداً، في أية تجربة واحدة، أن نكون على ثقة من أن نتائج التجربة لا ترجع إلى الصدفة المحضة. ولكن هذا الاحتمال يضعف كثيراً –إن لم يختف نهائياً– إذا ما اتبعنا تلك الطريقة البسيطة، وأعنى بها إجراء كل تجربة عدداً من المرات. فلن يكون في وسعنا أن نتأكد إلى حد معقول من أن العينين لم يكن لهما دور في الحيلولة دون اصطدام الخفاش بالأسلاك، في أثناء اختبارنا له، إلا بعد أن

نجري تجربة الخفاش معصوب العينين مرات كثيرة.

وهكذا أتاحت لنا نتائج تجاربنا أن نحصل على بعض المعلومات، وإن لم يكن الفرض الذي اختبرناه قد اتضحت صحته. ففي وسعنا الآن أن نضيف إلى الواقعة الأصلية الملاحظة، وهي أن الخفاش يستطيع أن يطير عبر حجرة تشتمل على عوائق دون أن يصطدم بها، حقيقة أخرى ملاحظة هي أنه يستطيع أن يفعل ذلك وعيناه مغمضتان. غير أننا ما زلنا لا نعرف كيف يحقق هذا المخلوق الضئيل العجيب ذلك العمل الرائع، وإن كنا نعلم أن علينا أن نبحث عن وسيلة أخرى غير العينين. والسؤال الآن هو: ما الذي نجربه بعد ذلك؟

إن أذني الخفاش كبيرتان ومتطورتان إلى حد هائل. ففي وسعنا إذن، بناء على ما يكشف عنه التشريح من ارتفاع كبير في مستوى تطور أذن الخفاش، أن نتوقع أن يكون الخفاش حساساً بدرجة عالية للأصوات. وعلى الرغم من أن هذا يبدو أمراً بعيد الاحتمال، فلنضع مع ذلك الفرض القائل إن الأذنين تتدخلان على نحو ما في إكساب الحيوان الضئيل مهارته في الطيران.

وهنا نعود مرة أخرى إلى التجربة المدبرة لكي نختبر فكرتنا من خلالها. ومرة أخرى نبدأ التجربة بخفاش سليم، ومرة أخرى أيضاً يجري الخفاش خلال متاهة العقبات دون أن يمس سلكاً. وبعد ذلك نسد أذني الخفاش برقة وإحكام بقطع من الشمع اللين، ثم نعود بالخفاش إلى حجرة التجربة ونطلقه. عندئذ سيحدث على الفور شيء يدعو إلى الدهشة: إذ إن

أدوات التسجيل المتصلة بالأسلاك تبدأ في تسجيل صدمة بعد صدمة. فلم يعد في استطاعه الخفاش أن يحدد مواقع العقبات وتجنبها، وإنما أصبح يضرب سلكاً بعد آخر في تحليق متخبط تماماً.

وبطبيعة الحال، نكرر التجربة عدة مرات، مستخدمين خفافيش مختلفة ووسائل متباينة لتعطيل عمل الأذنين، وفي كل مرة نجد أن النتيجة واحدة: فبدون أذنين تؤديان عملهما على الوجه الأكمل يعجز الخفاش عن تجنب الصدمات. وهكذا فإن نتائج هذه التجارب تؤيد الفرض الذي بدأنا منه تأييداً قاطعاً، وأصبح لدينا الآن سبب قوي للاعتقاد بأن للأذنين دوراً ما في إكساب الخفاش مقدرته العجيبة على الطيران.

ولكن كيف يستطيع الخفاش أن يسمع سلكاً؟ وأي ارتباط يمكن أن يوجد بين السمع وبين تجنب الاصطدام بشيء صامت ساكن كالسلك؟ إن الخفاش في العادة يقتنص الحشرات الطائرة ويمسك بها. وإن كل من استمع إلى نحلة أو ذبابة أو بعوضة ليعلم أن الحشرات تبعث أصواتاً خلال طيرانها. وهكذا يبدو من المعقول تماماً أن نفترض أن الخفاش يستطيع أن يسمع صوت التحليق "وينقض" عليه لاقتناص الحشرة الطنانة. ولكن من المحتم علينا، في التجارب التي أجريناها، أن نفسر دور الأذنين في المقدرة على الطيران، لا في الاقتناص فحسب.

إن الخفاش، عندما نمسك به، يصدر عادة صوتاً رفيعاً أشبه بالصرير. وهناك مثل قديم يقول إن المرء لا يستطيع سماع صرير الخفاش

إلا في صغره. ذلك لأن هذا الصرير من طبقة صوتية رفيعة جداً، وقد لا يستطيع أن يسمعه شخص بلغ السن التي بدأ فيها نطاق قدرته السمعية يضيق. ولكن إذا كان الخفاش يصدر هذه الصرخة الرفيعة عندما نمسك به، فهل يطير في صمت؟ من السهل أن نقرر ذلك بإضافة أجهزة لتكثيف الصوت وتسجيله إلى عتادنا التجريبي. وعن طريق هذه الأجهزة، يمكننا أن "نسترق السمع" على تجاربنا. فإن لم يكن في الحجرة خفافيش، كانت الأجهزة كلها صامتة، ولم يصدر عن الأسلاك أي صوت يمكن التقاطه. أما إذا أطلق في الحجرة خفاش سليم، فإن حبل السكون ينقطع، إذ إنه خلال تحليقه عبر متاهة الأسلاك يصدر صريراً منتظماً ومتكرراً على الدوام.

فهل هناك صلة بين صرخة الخفاش الرفيعة وبين قدرته البارعة على الطيران؟ لكي نجد الرد على هذا السؤال، ينبغي أن نعود مرة أخرى إلى إجراء تجربة مدبرة. والفرض الذي نود التحقق منه هذه المرة هو أن الصوت الصادر عن الخفاش يقوم بدور ما في الحيلولة دون اصطدامه في أثناء الطيران. وهكذا نختبر الخفافيش مرة أخرى لنتأكد من سلامة أدائها لوظائفها، ثم نطلقها في غرفة التجربة بعد أن نغلق فكها بالأشرطة اللاصقة. عندئذ نجد أن الخفافيش التي أخرست تصطدم بالأسلاك، ويكون تحليقها متخبطاً كما كان عندما كانت آذانها مسدودة. وإذن فالنتائج تؤيد الفرض، ومنها نستنتج أن النشاط الصوتي للخفاش له أهمية حقيقية في سلوكه في أثناء الطيران.

فهل نستطيع، على أساس المعلومات التي جمعناها، أن نصوغ إجابة منطقية متسقة عن السؤال: "كيف يتجنب الخفاش الاصطدام في أثناء طيرانه؟" هناك عدد من الوقائع الملاحظة ينبغي أن تؤخذ بعين الاعتبار:

١. الخفافيش السليمة تستطيع تجنب الاصطدام في أثناء طيرانها.

٢. الخفافيش السليمة تصدر صرخات رفيعة متكررة في أثناء طيرانها.

٣. الخفافيش المعصوبة الأعين تستطيع تجنب الاصطدام في أثناء طيرانها.

٤. الخفافيش المسدودة الآذان لا تستطيع تجنب الاصطدام.

٥. الخفافيش التي أخرست لا تستطيع تجنب الاصطدام.

وينبغي على كل تفسير نقدمه، وكل إجابة نأتي بها عن السؤال الذي وضعناه في البداية، أن تكون متسقة مع كل من هذه الوقائع الملاحظة، ومعها جميعاً. فالواقعة الأولى، وأعنى بها أن الخفافيش تستطيع تجنب الاصطدام، هي التي وضعت السؤال الأصلي. والوقائع الأربع الملاحظة الأخرى تمثل ما استطعنا إضافته إلى الملاحظة الأصلية بفضل عدد قليل من التجارب المدبرة البسيطة.

ولاشك أن اعتماد الخفاش على الصوت والأذنين معاً في التحليق بمهارة، يوحي بأن الخفاش ذاته هو الذي يحدث الأصوات التي ترشده. وهذا يذكرنا على الفور بأمثلة متعددة لأجهزة صنعها الإنسان، وتعمل على

أساس هذا المبدأ ذاته. فقد استخدمت أجهزة الصدى الراجع في السفن طوال سنوات عدة من أجل قياس عمق الماء تحت السفينة. وفي هذه الأجهزة ترسل إشارة صوتية خلال الماء في خط مستقيم واقع تحت السفينة. ومن الواضح أن طول الوقت اللازم لاستعادة صدى هذا الصوت من قاع المحيط يتوقف على طول المسافة التي يتعين على الصوت أن يقطعها. وإذن فطول الوقت اللازم لقيام الإشارة الصوتية برحلة الذهاب والإياب من السفينة إلى القاع وبالعكس، يتناسب مع عمق الماء.

كذلك فإن أجهزة الكشف عن الغواصات التي يطلق عليها اسم "صونار **Sonar**"، تعمل على أساس مبدأ تحديد مواقع الأشياء الموجودة تحت الماء عن طريق التقاط موجات صوتية منها. فعن طريق قياس الزمن الذي يستغرقه استرجاع الصدى، وقياس الزاوية التي يأتي منها الصوت، يمكن تحديد موقع الغواصة بدقة.

ولو شئنا تفسيراً منطقياً ما لدينا من معلومات عن الخفاش لقلنا إنه يطير بواسطة جهاز بيولوجي يناظر "الصونار". فهو إذ يطلق صرخاته الرفيعة القصيرة يكيف اتجاه طيرانه وسلوكه وفقاً للأصداء التي يتلقاها من أي شيء –فريسة كانت أم عقبة– يتصادف وجوده بالقرب منه. هذا التفسير يتمشى مع جميع الوقائع الملاحظة. وهو يتصف، فضلا عن ذلك، بميزة أخرى، هي أنه يتسق مع ما نعرفه عن فيزياء الموجات الصوتية.

على أن التفسير الذي قدمناه لطيران الخفافيش لا يعني تسوية هذه

المسألة بصورة نهائية حاسمة. فقد تسفر تجارب أخرى عن نتائج تحتم إعادة تفسير الظاهر كلها من جديد. ولكن أكثر التفسيرات اتساقاً وأقربها إلى المنطق، في هذه المرحلة التي نقف عندها في معالجة مشكلة طيران الخفاش، هي أن الخفافيش تسترشد بأصداء الأصوات المنبعثة عنها. وهكذا اتضح لنا، بعد تجارب قليلة فحسب، أن الحيوان يسترشد على ما يبدو بالصوت وحده تقريباً.

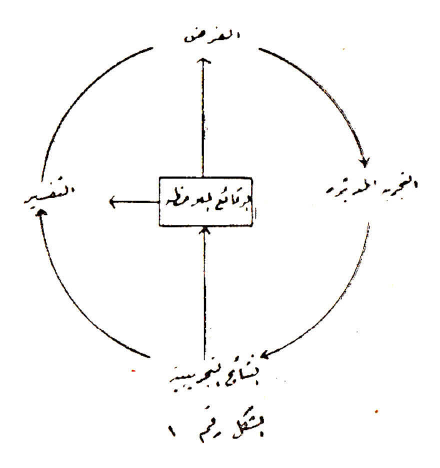
وعند هذه النقطة، قد نشعر بأن هناك ما يغرينا على تجاوز ما لدينا من معطيات، أي على تخيل ما يشعر به الخفاش بالفعل، وكيف يعيش في عالم من الأصداء، وكيف يتعرف على الأشياء بالأصوات المرتدة منها، وكيف أنه لا يشعر بمعالم الألوان والأضواء، وكيف "يرى" بأذنيه. غير أن من الواجب مقاومة هذا النوع من الإغراء، إذ إننا لا نعرف شيئاً عن أحاسيس الخفافيش وانطباعاتها وتجاربها الذهنية. فكل ما تناولناه بالبحث في تجاربنا هو الطريقة التي تسلك بها الخفافيش. أما إعمال الخيال في تلك الأمور الأخرى فيعني أننا نعزو إلى الخفاش صفات بشرية، ونحاول أن نضفي أذهاننا وشخصياتنا الخاصة على الخفاش. وتسمى هذه النزعة باسم "التشبيه بالإنسان Anthropomorphism"، وهي من أفحش الخطايا التي يمكن أن يقع فيها العالم. ومع ذلك فقد يكون من العسير أحياناً تجنب التشبيه بالإنسان. فليس من السهل أبداً تجنب هذا التشبيه في تفسير التجارب، وفي وصف السلوك وحده، بل في تعريف الألفاظ التي نستخدمها في لغتنا العلمية.

والواقع أن التجارب الخاصة بالخفاش تكشف عن كثير من الخصائص المشتركة بين كل الأبحاث العلمية. والأمر الذي ينبغي أن نتعلمه منها، في صدد ما جاء في هذا الفصل، ليس ما نظن أننا نعلمه عن الطريقة التي تطير بها الخفافيش، بل إن ما يهمنا هو طبيعة المنهج العلمي، ونوع المعرفة التي نكتسبها منه. فليست كل التجارب بسيطة ومباشرة كتجارب الخفاش، ومع ذلك فإن الهيكل الأساسي يكاد يكون واحداً في كل الأحوال.

فمن الواجب دائماً أن نبدأ ببعض الملاحظات للوقائع. وهذه الملاحظات قد تكون متعلقة بأي حادث طبيعي في أي مكان– في غابة، أو في حديقة للحيوان، أو في البحر، أو في تجربة معملية. ولابد بعد ذلك أن توحي الملاحظات بفكرة تفسيرية أو فرض في ذهن شخص ما. وينبغي أن يتميز الفرض بصفة أساسية، هي أن يكون من الممكن اختباره بواسطة تجارب مدبرة. ومهما كان في خصائصه الأخرى من الإسراف والمغالاة، فإنه يكون مشروعاً إذا كان قابلاً لأن يختبر. ومع ذلك فلسنا في حاجة إلى أن نذكر أن كثيراً من الفروض التي تخطر ببال الباحث لا تختبر إلا عقلياً، وتستبعد إذا تبين أنها غير متمشية مع الوقائع الملاحظة.

وقد يكون الفرض الذي يختاره الباحث ليجري عليه الاختبار مجرد فرض واحد من بين فروض كثيرة ممكنة. أما التجارب التي يجريها فينبغي أن تكون مدبرة أو مرسومة بأدق طريقة ممكنة. والحالة المثلى في هذا

الصدد هي تلك التي تشبه ما رأيناه في تجارب الخفاش– أعني أن تكون ظروف التجربة محددة بإحكام يتيح تغيير عامل واحد فقط في المرة الواحدة. وتعد نتائج التجارب مجموعة أخرى من الوقائع الملاحظة. وقد تدفعنا هذه الوقائع الجديدة، بعد إضافتها إلى الملاحظات الأصلية، إلى تكوين تفسير جديد، وتؤدي بدورها إلى ظهور فرض جديد يتعين اختباره. ومن الممكن أن نصور المسألة بالشكل الآتي:



شكل رقم ١

وهكذا فكلما ازداد عدد الوقائع الملاحظة التي نحصل عليها في ظروف متباينة، ولاسيما ظروف التجارب المدبرة، كانت لدينا فرصة أفضل لفهم الظاهرة التي نبحثها. ففي مشكلة الخفافيش الطائرة، لم نصل إلى حل إلا بعد جمع نتائج تجارب متعددة، وكان الحل الذي توصلنا إليه منطقياً ومتسقاً مع جميع الوقائع المعروفة حتى ذلك الوقت.

وكلما تراكمت معلومات جديدة، اتسع نطاق معرفتنا، وبالتالي تغيرت

نظرياتنا وأفكارنا. والواقع أن العلم يتهم أحياناً بأنه غير مستقر، فيقال: "إن العلماء لا يستطيعون أن يستقروا على رأي: فهم قد ينكرون غداً ما يصفونه اليوم بأنه حقيقة". ولكن هذه الصفة، التي يظن أنها إحدى عيوب العلم، هي في الواقع من أوضح مظاهر قوته. فأفكارنا عن الطبيعة، وعن طريقة سيرها، وطريقة تركيبها، تزداد إحكاماً وقوة كلما ازداد عدد الوقائع الملاحظة التي يمكننا إدماجها في تفسيراتنا التي نضعها بأنفسنا.

والواقع أن تاريخ العلم يكشف لنا عن أمثلة عدة للطريقة التي ينبغي أن نغير بها أفكارنا كلما اهتدينا إلى مزيد من الوقائع التي يجب أن تدمج سوياً. ومن أفضل الأمثلة التي يمكن الإتيان بها في هذا الصدد، ذلك المثل الذي ينتمي إلى أوائل عهد علم النبات التجريبي. ففي حوالي عام ١٦٤٠ أجرى عالم أحياء هولندي اسمه جان- بابتست فان هلمونت **Jean- Baptiste Van Helmont** تجربة استنتج منها أن أوراق الأشجار ولحاءها وخشبها لا يتألف إلا من الماء النقي وحده! ولقد كانت طريقة تصميمه للتجربة وإجرائه لها سليمة تماماً: فقد أخذ قدراً فخارياً ضخماً جداً، وملأه بكمية من التربة المجففة تماماً، يبلغ وزنها مائتي رطل بالضبط. ثم نزرع شجرة صفصاف صغيرة في القدر، ورواها جيداً بماء مقطر نقي. ووضع القدر الفخاري والشجرة في الخارج، أي في الجو الخارجي حيث تنمو الأشجار عادة. ولكي يمنع الأتربة والقاذورات والقمامة من النفاذ إلى داخل التربة المحيطة بالشجرة، غطى هذه التربة بصفائح من الحديد، تتخللها ثقوب صغيرة كثيرة.

وظل فان هلمونت يتعهد الشجرة بعناية لمدة خمس سنوات، فكان يرويها بماء مقطر خلال فصول الصيف الجافة، وينتزع الأوراق التي تسقط في الخريف. ولم يكن يسمح لأي شيء بأن يقع على التربة المحيطة بالشجرة في القدر الفخاري فيما عدا الماء المقطر الموضوع في إناء الري، وماء المطر (الذي هو بدوره ماء مقطر). ولكن شجرة الصفصاف الصغيرة نمت نمواً عادياً، وبعد خمس سنوات قرر فان هلمونت أن الوقت قد حان لإنهاء التجربة.

وأخذ فان هلمونت يقتلع الشجرة بحذر، حريصاً على ألا يبدد التربة الموجودة في القدر الفخاري الكبير. وبعد أن نظف الجذور بعناية من التربة، وأعاد هذه التربة إلى القدر، وزن الشجرة، فوجد أن نبتة الصفصاف التي كانت تزن خمسة أرطال فحسب عندما زرعها، قد أصبحت شجرة تزن ١٦٩ رطلاً. أي أن شجرته قد زادت، بدون حساب الأوراق الكثيرة التي سقطت منها في فصول الشتاء السابقة، بمقدار ١٦٤ رطلاً من الجذور والجذع والفروع واللحاء والأوراق.

فمن أين أتى هذا النبات كله؟ ربما كان قد أتى من التربة. لذلك حول جان بابتست فان هلمونت انتباهه مرة أخرى إلى قدر الفخار المليء بالتربة، فأخرج كل التربة من القدر. وجففت التربة مرة أخرى تجفيفاً تاماً ثم وزنت. فكان وزنها يكاد يبلغ مائتي رطل بالضبط. وهكذا تدل الدلائل كلها على أن هذه الكمية هي نفس مائتي الرطل التي بدأ بها تجربته قبل

خمس سنوات. ولما كان فان هلمونت واثقاً من أن شيئاً لم يضف إلى التربة ما عدا الماء، فقد استنتج أن المادة النباتية البالغ وزنها ١٦٤ رطلا لم تتكون إلا من الماء وحده. وكان في الأصل قد تصور أن هناك احتمالات ثلاثة فحسب: فإما أن النبات نما من مادة التربة، وإما أنه نما من الماء، وإما من التربة والماء معاً. ولكن نتائج تجربته كانت قاطعة: إذ لم يفقد من التربة شيء، وعلى ذلك فإن شجرة الصفصاف لم تتكون إلا من الماء.

وكم يكون من اليسير علينا الآن أن نعود بأنظارنا عبر السنين إلى عام ١٦٤٠ وندرك الثغرات والأخطاء التي تتضمنها تجربة فان هلمونت واستنتاجاته. ذلك لأن معرفتنا بفسيولوجيا النبات وكيميائه قد ازدادت إلى حد هائل منذ عام ١٦٤٠. فلم يكن من المعروف عندئذ أن النباتات تصنع مواد سكرية ومجموعة كاملة من المواد العضوية بعملية تعرف باسم التمثيل الضوئي **Photosynthesis**. ففي التمثيل الضوئي تقوم النباتات بصنع مواد سكرية بسيطة باستخدام الطاقة الكامنة في ضوء الشمس في الجمع بين ثاني أكسيد الكربون الموجود في الهواء وبين الماء الموجود في التربة. ومن هذه المواد السكرية البسيطة يصنع النبات مركبات أخرى. كذلك لم يكن من المعروف في زمن فان هلمونت أن البكتريا الموجودة في التربة تمتص النيتروجين من الهواء، وتجهزه لاستخدام النبات الذي يمتصه من خلال الجذور، إذ إن النبات يحتاج إلى النيتروجين من أجل

صنع بروتيناته. كذلك لم يكن فان هلمونت يعلم أن النباتات تمتص من التربة كميات ضئيلة جداً من المواد المعدنية.

بل إن هذا العرض الموجز لمعلوماتنا عن نمو النبات في القرن العشرين يتضمن ألفاظاً وأفكاراً وميادين كاملة في البحث لم تكن تخطر لجان بابتست فان هلمونت على بال. فلم يكن أحد يشك في وجود التمثيل الضوئي حتى عام ١٧٢٧. وهكذا لم يكن لفان هلمونت أدنى علم بوجود الأكسجين والنيتروجين وثاني أكسيد الكربون. ولم يعرف أحد أن لثاني أكسيد الكربون أي دور في الأيض النباتي **Plant meta bolism** إلا في عام ١٧٩٦. كذلك لم يعرف أحد أن النباتات تستطيع أن تحصل على مركبات النيتروجين من الكائنات العضوية الدقيقة الموجودة في التربة إلا منذ عام ١٨٤٠. أما البكتيريا فلم تكن معروفة في عام ١٦٤٠، ولم تكتشف إلا في عام ١٩٨٣.

إننا، حتى في أساليبنا الحالية في البحث العلمي، لا نستطيع في تجاربنا واستنتاجاتنا أن نعمل حساباً لما لا يمكن أن يعرف إلا بعد مائة عام أو نحوها. ومن الواضح أن فان هلمونت بدوره لم يكن يستطيع ذلك. وكلما ازدادت معلوماتنا، أصبحنا أقدر على تصحيح مفاهيمنا بحيث تكون أكثر تلاؤماً مع ملاحظاتنا. ومع ذلك فمن الواجب أن نشير إلى أن فان هلمونت كان على صواب في استنتاجاته بنسبة تقرب من خمسة وتسعين في المائة. ذلك لأن حوالي خمسة وتسعين في المائة من النبات يستمد من الماء. ولكن

من سوء الحظ أن الخمسة في المائة الأخرى هي أهم جزء في النبات.

إن التجارب التي أجريت على الخفافيش وأشجار الصفصاف تمثل التجارب العلمية تمثيلاً صادقاً. وفي وسعنا أن نتعلم من هذين المثلين أموراً كثيرة عن ذلك النسق من المعرفة الذي نطلق عليه اسم العلم. فقد ذكرنا من قبل أنه يتعلق بالأشياء التي تحدث في عالمنا، أعني تلك التي تحدث بالطبيعة أو بجهودنا الخاصة. كذلك رأينا أن العلم معرفة مختبرة. وعن طريق هذا الانتقاء والانتخاب المستمر، نسعى إلى أن نزداد على الدوام اقتراباً من الحقيقة.

وتكشف لنا الأمثلة التي درسناها عن خصائص أخرى للعلم. من هذه الخصائص اثنتان لا تزيدان في الواقع على أن تكونا مسلمتين بسيطتين إلى أبعد حد، وربما مسلمتين ساذجتين، وإذا كانت الفكرة الشائعة تقول "إن العلم يبنى على الوقائع وحدها، لا على المسلمات" فإن حقيقة الأمر هي أن العلم، شأنه شأن أي نسق آخر للمعرفة، مبني على بعض المسلمات. وسوف نصادف بعضاً منها مرات متعددة خلال دراستنا هذه عن العلم. فهناك مسلمة تكتشف بوضوح في التجارب الخاصة بالخفافيش وأشجار الصفصاف، وهي مسلمة تبلغ من البساطة حداً يشيع معه إغفالها– وأعني بها القول إن "الطبيعة قابلة للفهم". وما هذا إلا تأكيد لإيماننا بأن الظواهر التي يتألف منها عالمنا لا تبلغ من التعقيد أو الغموض حداً يستحيل معه فهمها. والواقع أن هذا اعتقاد طموح جداً، وسوف

نصادفه مرة أخرى في فصل تال. ولكننا بدون هذه المسلمة لن نستطيع، على الأرجح، أن نشرع في القيام بأبحاث من أي نوع.

وهذا يؤدي بنا إلى المسلمة الهامة الثانية في العلم، ألا وهي الاعتقاد البسيط "بالعلة والمعلول". ولو شئنا أن نعبر عنها تعبيراً أدق، لقلنا إن كل ظاهرة ملاحظة تعد نتيجة (أي معلولاً) لأسباب أو علل محددة يمكن قياسها. وما هذا إلا إيمان بانتظام الطبيعة.

والواقع أننا كلنا نؤمن بالعلة والمعلول. فلولا هذا الإيمان لبدا العالم فوضى تماماً. فأنت عندما تفتح مروحتك الكهربائية في أمسية قائظة في الصيف، تتوقع أن تبدأ المروحة في الدوران. وما إن تدور حتى ينشأ عنها نمط معين من الدورة الهوائية. وعندما يمر تيار الهواء أمام جبهتك المتصببة عرقاً، يزداد معدل التبحر. ولما كان التبخر يقتضي امتصاصاً للحرارة، فإن دوران المروحة يؤدي إلى شعورك بتلطيف في الحرارة. هذه كلها سلسلة من الحوادث، عرضت من خلال فكرة العلة والمعلول.

ولكن لنفرض أن المروحة لم تدر عندما ضغطت على الزر. عندئذ لا تشك في أن الطبيعة قد تغيرت، بل تفترض أنه قد حدث انقطاع في موضع ما من سلسلة الحوادث التي ينبغي أن تؤدي إلى دوران المروحة. ومن هنا فإنك تبحث عن عطل كهربائي، أو سلك مقطوع، أو زر مكسور، أو محرك محترق، أو توصيلة ضاربة، وما إلى ذلك. أو لنفرض أن المروحة قد دارت، وأن الهواء تحرك، ولكنك لم تشعر بأن الجو ألطف. عندئذ لن

تلقي اللوم على الطبيعة وتصفها بأنها متقلبة لا تستقر على حال، بل إنك ستستنتج أن الحرارة النسبية في الغرفة أعلى مما ينبغي، وتفكر في الاستعاضة عن المروحة بجهاز لتكييف الهواء. وهكذا نفعل جميعاً. فنحن دائماً نبحث عن تفسيرات طبيعية للأشياء التي تحدث كما نتوقع، أو لا تحدث على النحو الذي توقعناه. وليس في وسعنا أن نؤمن بأن الحوادث تحدث بطريقة متخبطة، أو عشوائية، أو مفتقرة إلى الاتساق.

ذلك لأنه لو كان من المستحيل علينا أن نتنبأ من وقت إلى آخر إن كانت المروحة الكهربائية ستدور بعد تشغيلها أم لا، أو إن كانت ستدور في هذا الاتجاه أو ذاك، أو ما إذا كان الهواء سيتحرك، أو أن التبخير سيحدث، ولو كان نفس النوع من عدم التأكيد يرتبط بجميع محاولاتنا للقيام بشتى أنواع الأعمال، لكانت الحياة مستحيلة بحق، ولكن العلم شيئاً لا يمكن تصوره. ولو كانت علاقات العلة والمعلول، التي تتضح لنا في لحظة معينة، تنقلب في اللحظة التالية رأساً على عقب، لكان الإخفاق التام مصير أي مجهود نبذله لفهم العالم المحيط بنا واستغلاله. ولولا الإيمان الضمني باتساق مسلك الطبيعة، بحيث يكون من الممكن كشف الأسباب والنتائج في هذا المسلك، لكان التقدم العلمي مستحيلاً.

على أن هذا التسليم بأن علاقة العلة والمعلول تسري على نحو مطلق، قد يؤدي بنا إلى موقف يمكننا أن نسميه مأزقاً. ذلك لأنه إذا كان لكل حادث نتيجة لأسباب محددة، فهلا تكون هذه الأسباب بدورها

مجرد نتائج لأسباب أخرى، وبذلك نرتد إلى ما لا نهاية له من الأسباب السابقة؟ إنه ليبدو أن الأمر كذلك، وبالفعل ظل الناس طويلاً يعتقدون أن هذا التسلسل اللانهائي للعلة والمعلول أمر لا مفر منه.

وقد أدى ذلك إلى تلك العبارة المشورة التي قال بها عالم فرنسي في القرن الثامن عشر، وأعني به لا بلاس، الذي ذهب إلى أنه لو وجد عقل كامل يعرف موقع كل جزيء في الكون، لعرف أيضاً كل ماضي الكون ومستقبله. ومع ذلك فقد اتضح في الآونة الأخيرة أن العلية الدقيقة قد لا تسري دائماً، وأننا قد نضطر أحياناً إلى التعامل مع الصدفة المحضة. وعلى أيه حال فهذا موضوع سنتناوله بمزيد من التفصيل في فصل تال. ولكنا نستطيع أن نؤكد مع ذلك أن الاعتقاد بالعلة والمعلول هو اعتقاد مثمر له ما يبرره في تجربتنا اليومية، وفي معظم ميادين العلم.

هناك فكرة تشيع بين الناس عن العلم، هي أن كثيراً من الكشوف العلمية قد ظهرت بمحض الصدفة. وإنه لمن المفيد أن نفحص هذه الفكرة، لنرى إن كانت الكشوف تتم فعلاً بالصدفة أم لا. وبالفعل سنجد أمثلة عدة لكشوف حدثت "بالصدفة"، ولعل من أحدثها اكتشاف البنسيلين.

إن البنسيلين هو إحدى المعجزات الحديثة التي أدى إليها تطبيق العلم. ولقد كان اكتشاف البنسيلين في عام ١٩٢٨ قصة أبطالها زراعة للبكتيريا، وأحد أبواغ العفن، ورجل قوي الملاحظة. أما الرجل فكان عالماً بكتريولوجيا انجليزياً هو السير ألكسندر فلمنج، الذي كان يقوم بعمل

يتضمن زرع البكتيريا على الأجار **Agar** في أطباق زجاجية مسطحة ومغطاة. والأجار مادة شبه هلامية تستخلص من الأعشاب البحرية وهي تستخدم على نطاق واسع في توليد العفن والبكتيريا في المعمل. في هذه الظروف تتكاثر البكتيريا بسرعة، وسرعان ما يصبح السطح شبه الصلب للأجار مغطى بطبقة كثيفة من البكتيريا. ولابد بطبيعة الحال من اتخاذ احتياطات دقيقة حتى تكون الزراعات نقية. فمن الواجب الحيلولة دون دخول البكتيريا والعفن الذي يحمله الهواء بلا انقطاع، إذ إن أية زراعة تلوثها هذه الكائنات الميكروسكوبية الدخيلة لا تكون لها في العادة أية قيمة بالنسبة إلى الأغراض التجريبية.

وعلى الرغم من أن السير ألكسندر فلمنج كان قد اتخذ الاحتياطات المعتادة، فإن بعض العفن قد تسرب إلى زراعاته. وهكذا فإنه عندما فحص الأطباق التي توجد فيها الزراعات، وجد في أحدها مستعمرة مزدهرة من العفن الأخضر المألوف في الخبز، وهو المسمى باسم "بنسيليوم **"Penicillium**". وكانت طبقة بكتيريا نامية، ذات لون مائل إلى الأبيض، قد انتشرت فوق الأجار، ولكن ارتفع في الوسط تل أخضر صغير من "البنسيليوم"، إذ إن أحد أبواغ العفن كان قد سقط فيه، وتكاثر، وبدأ ينمو مكوناً مستعمرة. مثل هذا الحادث ليس بالأمر غير المألوف في المعامل البكتيريولوجية، والذي يحدث عادة هو أن الزراعة الملوثة تستبعد فحسب. ولكن فلمنج لاحظ شيئاً غريباً في الزراعة الفاسدة. ذلك لأن

البكتيريا النامية كانت تغطي سطح الأجار، فيما عدا منطقة واسعة تحيط ببقعة العفن، فلماذا لم تفلح البكتيريا في غزو المنطقة المجاورة مباشرة لمستعمرة العفن، والتكاثر فيها؟ ربما كان العفن يفرز مادة كيميائية تقتل البكتيريا المحيطة به. فقام فلمنج باختبار هذا الفرض تجريبياً، ووجد النتائج متمشية مع فكرته. وبعد وقت أمكن عزل المادة الكيميائية القاتلة للبكتيريا، وأطلق عليها اسم "البنسيلين"، تمجيداً للعفن الأخضر الضئيل الشأن الذي أنتجه. وهكذا كشف البنسيلين، وافتتح ميدان علمي جديد– هو المضادات الحيوية– حافل بإمكانيات الكشف والتطور.

وهكذا فإن كشف البنسيلين كثيراً ما يدرج ضمن تلك الكشوف التي يقال إنها تمت بالصدفة في العلم. ولكن عنصر الصدفة الوحيد في هذه القصة هو التلوث المرضي لزراعة البكتيريا التي قام بها فلمنج. غير أن هذا أمر شائع إلى أبعد حد: فهو يحدث كل يوم في المعامل في جميع أرجاء العالم. أما تنبه فلمنج إلى المنطقة التي لم يحدث فيها نمو حول مستعمرة العفن، فهو أمر بعيد عن أن يكون مصادفة، شأنه شأن أية ملاحظة أخرى. ولقد قال لوى باستير، العالم الفرنسي المشهور، ذات مرة، إن الصدفة لا تواتي إلا الذهن المتأهب. ومن هنا فإن ذهن السير ألكسندر فلمنج المتأهب قد تنبه إلى الدلالة المحتملة للمنطقة الخالية من البكتيريا. ولو كان هناك ذهن آخر غير مدرب وغير متأهب، لمرت أمامه هذه الظاهرة دون أن تلاحظ، أو لاستبعدها بوصفها شيئاً لا أهمية له.

فالقصة إذن ترتد إلى الخطوات الأربع المألوفة للمنهج العلمي– وهي الملاحظة، والفرض، والتجربة، والاستنتاج، وليس ثمة صدفة فيها.

إن من المشكوك فيه أن يكون أي كشف علمي قد تم بالصدفة. صحيح أنه قد تحدث ملاحظة نتيجة لحادث عارض. غير أن الملاحظة ليست صدفة، وإنما هي نتاج لذهن متأهب. وقيمة الملاحظة إنما تكون بالنسبة إلى الفرض والتجربة والاستنتاجات التي تعقبها. وإذن فليس للصدفة في العلم دور ذو شأن.

الفصل الثالث

ما هي النظرية؟

إن اكتساب معرفة بشأن الخفافيش وأشجار الصفصاف والعفن قد يكون أمراً عظيم الطرافة، ولكن إلى أين تؤدي بنا هذه المعرفة؟ والتجارب المدبرة قد تكون هامة وبسيطة في مفهومها– إذ إنها تنحصر في اختبار فكرة واحدة في المرة الواحدة– ولكن هل هي سلاح يمكننا أن نقتحم به أية مشكلة ضخمة معقدة؟ أمن الممكن حل مشكلات الحياة والكون بمثل هذه الأداة الضعيفة؟ تلك كلها أسئلة هامة، ولابد للاهتداء إلى جواب لها من مزيد من البحث في خصائص العلم.

إن التجارب المنعزلة المتعلقة بفروض بسيطة معينة لا تؤدي إلا إلى معلومات مجزأة منعزلة غير مترابطة. ولو كان هذا هو الهدف الوحيد، لما استحق العلم ما يبذل فيه من جهد. ولكن الواقع أن الهدف أروع بكثير، والغاية هي بناء نظريات ضخمة من مجموعة من المعلومات الجزئية الصغيرة التي تم اختبارها. وتذكرنا هذه المسألة بقصة قديمة عن رجل وأبنائه السبعة: إذ يبدو أن الأبناء السبعة كانوا في عراك وشقاق دائم بعضهم مع البعض، فاستاء الأب لذلك كل الاستياء، وفكر في طريقة يضع بها حداً لهذا الخلاف. فجمع أبناءه كلهم، وناولهم حزمة من سبع عصي وطلب إلى كل منهم أن يكسرها نصفين، فحاول كل منهم وأخفق. ثم فك الأب الحزمة،

وكسر كل عصا على حدة بسهولة. وكان المغزى واضحاً: فللأعداد عندما تتجمع قوة هائلة. وهذا يصدق أيضاً على المعلومات الجزئية.

فإذا أمكن الجمع بين كل الملاحظات والنتائج المستخلصة من تجارب كثيرة تجرى في معامل مختلفة، وهي التجارب التي تعتبر عن جهود وأفكار وأساليب علماء متباينين عديدين، فعندئذ قد ينتج تفسير يتسم بالقوة والتناسق. وعلى هذا النحو تتكون نظرية علمية أو مفهوم علمي. ومن الجلي أن النظرية ينبغي أن تكون متسقة مع كل المعطيات التجريبية. فنحن نتخذ من الملاحظات ونتائج التجارب حجارة نشيد بها بناء النظرية العلمية.

والنظرية هي أفضل فكرة لدينا عن الطريقة التي تترابط بها مجموعة من الوقائع المستقلة فيما بينها. على أن مثل هذه المفاهيم لا تنبثق آلياً من الملاحظات والتجارب، مثلما أن الأحجار لا تتجمع بذاتها لتكون بيتاً، بل إن النظريات، كالبيوت، ينبغي أن تشيد، ويتوقف أسلوب العمارة على الشخص القائم بالبناء، وعلى المجال الذي يعمل فيه. فبعد إجراء تجارب متعددة على أوجه مختلفة لموضوع معين، تتيح المعلومات المتراكمة لواحد أو قلة من العلماء أن يقترحوا نظرية عامة تجمع كل هذه المعلومات في تفسير واحد. فالنظرية مفهوم يوحد مجالاً من مجالات البحث العلمي. وهي تقدم خطة موحدة لتفسير مجموعة كاملة من الوقائع التي تبدو وكأنه لا رابط بينها.

وقد يحدث أحياناً أن يعترف العلماء الآخرون بنظرية جديدة بمجرد أن تقترح عليهم. ولكن قد يحدث في أحيان أخرى أن تواجه النظرية الجديدة بالتحدي، وينشب خلاف حاد: فتدور معارك من فوق منصة المتحدثين في الجمعيات العلمية، وعلى الصفحات المطبوعة في الكتب والمجلات العلمية. وعندما ينشب خلاف كهذا، يهرع الجميع إلى إجراء المزيد من التجارب، واختبار أفكار جديدة، والحصول على مزيد من الأدلة التي تؤيد هذا الجانب أو ذاك. وفي بعض الأحيان يسوي الخلاف على نحو حاسم، ولكنه في أحيان أخرى لا يسوي، وإنما يتعين تركه جانباً إلى أن يتم تطوير أساليب جديدة والوصول إلى أدلة لم تعرف من قبل. والواقع أن الخلافات العاصفة العديدة التي عكرت صفو العلم قد جعلت تاريخه مثيراً إلى أبعد حد. فنادراً ما يتم ميلاد النظرية الجديدة دون ألم، ومع ذلك فإن المفاهيم الجامعة أساسية إذا شئنا أن ينمو علمنا ويكون له معنى.

وهناك حادث في تاريخ البيولوجيا جدير بأن نرويه هنا: فهو مثال لنوع الخلاف الذي يمكن أن يقترن بقبول نظرية جديدة واسعة الآفاق. وهو يوضح أيضاً كيف عرف علماء البيولوجيا أهمية التجارب المدبرة، وكيف استخدموها. هذا الحادث كان خلافاً دام حوالي مائتي عام. وخلال هذه الفترة الطويلة، كانت البيولوجيا كما نعرفها اليوم تولد، وتكافح في سبيل وجودها ذاته.

ولكي نبدأ القصة من أولها، يتعين علينا أن نرجع القهقري في التاريخ قروناً عدة، حتى العصور القديمة. ففي تلك العصور حاول الإنسان، مثلما يحاول في العصور الحديثة، أن يكون عن عالمه صورة متماسكة معقولة. وكان يرى حوله عالما يزخر بالمخلوقات الحية، كما لاحظ أن هناك حيوانات معينة توجد في أغلب الأحيان في بيئات خاصة. فالبعوض مثلا يبدو أنه ينبثق من البرك والحياة الراكدة. والسحالي والضفادع توجد على مقربة من الشواطئ الطينية. والسلاحف الصغيرة تشاهد وهي تخرج من باطن الأرض، وهكذا دواليك. ومن هنا نشأت الفكرة القائلة إن هذه الحيوانات لا ترتبط بأنواع البيئة الخاصة بها فحسب، بل إن هذه البيئة هي التي تخلقها بالفعل: فاعتقد أن الضفادع تتولد من الطين، وأن الديدان لا تعيش في الأسماك المتعفنة فحسب، بل تنتج عنها، وأن البعوض يتكون تلقائياً بواسطة المياه الراكدة. وهكذا ساد الاعتقاد بأن هناك حيوانات دنيا من شتى الأنواع تخلقها المادة غير الحية باستمرار، وبطريق مباشر- أي ساد الاعتقاد "بالتولد الذاتي أو التلقائي لحياة".

ولقد كان هذا الاعتقاد بالتولد التلقائي للكائنات الحية شائعاً على نطاق واسع. وسجلته الوثائق المكتوبة التي خلفتها الحضارات الغابرة. فقد كان المصريون القدماء يعتقدون أن نحل العسل يتولد من جثة الثور. ولقد تضمن مرجع من مراجع التاريخ الطبيعي، كتب في أوروبا منذ حوالي ٤٠٠ سنة، تعليمات مفصلة لإنتاج النحل من جثة الثور. فلابد لهذا الغرض من

بيت صغير يبلغ ارتفاعه خمس عشرة قدماً، وطوله خمس عشرة قدماً وعرضه خمس عشرة قدماً. ولابد أن يكون له باب واحد وأربع نوافذ، واحدة في كل حائط. ولابد أن نقتاد إلى هذا الكوخ ذي الشكل المكعب. ثوراً يبلغ عمره حوالي عامين، حيث يقوم شخصان أو ثلاثة "يتسمون بالشراسة" بضربه بالعصى حتى يموت. ولابد لهؤلاء الأشخاص الشرسين من أن يضربوا الثور حتى يموت وتنكسر عظامه، ولكن عليهم ألا يقطعوا الجلد بحيث ينزف الحيوان. وبعد ذلك تسد خياشيم الثور وكل فتحاته الخارجية بقماش ناعم من الكتان المغموس بالقطران. ثم يسكب بعض العسل على الأرض حول الحيوان، ويقلب الثور بحيث يكون "وجهه إلى أعلى". وبعد ذلك يغلق البيت لمدة ثلاثة أسابيع، ثم تفتح الأبواب والنوافذ بعد هذه المدة ساعات قليلة، وتغلق بعد ذلك. وبعد أحد عشر يوماً يعاد فتح البيت، فنجد الغرفة قد امتلأت بأسراب هائلة من النحل. أما الثور فلا يتبقى منه إلا القرون والعظام والشعر: إذ إن بقية أجزاء جسمه قد تحولت إلى نحل. وكان يعتقد أن أكبر النحل وأجمله هو الذي تكون من الدماغ والنخاع.

وأغلب الظن أن الحشرات التي كان هؤلاء القدماء يرونها حول الثيران الميتة وغيرها لم تكن نحلا على الإطلاق، بل كانت ذباباً يبدو للنظرة السطحية مماثلا للنحل. ولكن على الرغم من هذا الخطأ، فإن الاسم العلمي الذي توارثناه للنحل هو **Apis melifera** وكلمة **Apis** هي كلمة

يونانية تعني الثور. ولنلاحظ أن هذا الاسم الدال على النحل لم يقترح في وقت قدماء المصريين، وإنما في أوروبا في أواسط القرن الثامن عشر.

كذلك تتضمن كتابات أوروبية ترجع إلى العصور الوسطى وصفاً لطريقة لتكوين الفئران. فإذا وضعت بعض الخرق البالية وقليل من حبوب القمح في جرة ورشت بقليل من الماء، ظهرت فئران بالغة بعد أيام قلائل. وفي بعض الروايات أن البول هو اللازم بدلا من الماء. ولا شك في أن كلاً منهما لم يكن يقل فعالية عن الآخر. وإنا لنجد في كتابات العلماء الأقدمين وصفات عديدة كهذه لإنتاج الكائنات الحية. فقد بلغ تأصل فكرة التولد التلقائي في النفوس أن العلماء الطبيعيين من وقت أرسطو حتى النصف الثاني من القرن السابع عشر كانوا كلهم تقريباً يؤمنون به.

وعلى الرغم من كل عيوب فكرة التولد التلقائي وتناقضاتها، فقد كانت تقبل بلا جدال. وكان من المعروف أن الحيوانات العليا والنباتات العليا تتكاثر بنفسها: فقد كان الناس جميعاً يعرفون بذور النباتات جيداً: كما كان النشاط الجنسي والولادة مألوفين أيضاً. أما الأنواع الصغيرة من الحيوانات، كالأفاعي والضفادع والفئران والحشرات وغيرها، فكان يعتقد أنها تنشأ بالتولد الجنسي والتولد التلقائي معاً. كما كان يعتقد أن كثيراً من النباتات تنشأ بواسطة البذور وبالطريقة التلقائي معاً. وكانت أصغر أشكال الحياة هي وحدها التي تدرج في فئة الكائنات التي تتولد بالطريقة التلقائية وحدها. أما اليوم فنحن ندرك بوضوح أن هذا الرأي غير صحيح، وغير

علمي لأنه مبني على الملاحظة البسيطة، لا على تجارب مدبرة.

كذلك فإن هذا الرأي لا يتمشى مع الأفكار الأساسية عن وحدة الطبيعة. ومع ذلك فمن الواجب أن نتذكر أن العلم بمعناه الحديث لم تبدأ معالمه تتحدد إلا في القرن السابع عشر. ومن هنا لم يكن من المستغرب أن يظهر أول تحد لمفهوم التولد التلقائي بأسره في ذلك القرن.

كان فرانشيسكو ريدي **Francesc Redi** عالماً بيولوجياً عاش وعمل في فلورنسه في القرن السابع عشر. وقد استرعت مشكلة خلق الكائنات العضوية انتباه هذا العالم. فلاحظ أنه لو قتل ثعباناً كبيراً وتركه في العراء، فسرعان ما تظهر ديدان تلتهم الثعبان. وبعد أن تنتهي الديدان من الأكل والنمو، تزحف بعيداً عن الثعبان. فاقتنص ريدي بعضاً من هذه الديدان البالغة ووضعها في أقفاص مغلفة بالشاش. وبعد حوالي أسبوع، تحولت إلى ذباب اللحم. وكانت ذبابات اللحم التي تكونت على هذا النحو مماثلة من كل الأوجه للذباب الذي كان يشاهد وهو يطن حول الثعبان بعد قتله بوقت قصير. وكانت الذبابات على ما يبدو من نوعين: أحدهما نوع كبير لونه أبيض وأسود، والآخر نوع لامع أخضر. وكان النوعان معاً يشاهدان بكثرة في فلورنسه وفي ذلك الجزء من أوروبا.

ولو كان صحيحاً أن الديدان تتولد من اللحم المتعفن، لتولدت عن الأنواع المختلفة من اللحم أنواع مختلفة من ديدان الذباب. وإن هذه لتبدو طريقة منطقية لتعليل الاختلاف الكبير في أنواع الذباب التي توجد

في الطبيعة. وعلى ذلك فقد أعد ريدي، متابعة منه لهذه الطريقة في الاستدلال، صناديق تحتوي على لحوم مجموعة شديدة التباين من الحيوانات: فكانت مجموعته تشتمل على لحم نئ ومطهي للثيران والغزلان والجاموس والأسود والنمور والكلاب والخراف والماعز والأرانب والبط والأوز والفراخ والعصافير وسمكة السيف والتونة والإيل وثعبان السمك وسمك موسى، وغيرها (كما قال هو ذاته). وراقب ريدي في أناة ما يحدث في هذه الصناديق، وعندما اكتمل نمو الديدان، وضع البعض في أقفاص، فتحولت هذه إلى ذبابات. وكانت الذبابات من نفس النوع الذي حصل عليه من الثعابين الميتة.

وهكذا اتضح لريدي أن الأنواع المختلفة من اللحم لا تنتج أنواعاً مختلفة من الذباب. وقد قام خلال تجاربه بملاحظة أخرى عظيمة القيمة، فقد لاحظ أن الذباب الذي يطن حول الصناديق يضع بالفعل بيضاً على اللحم الموجود في الصناديق وحوله، فأدت به هذه الملاحظة إلى التساؤل عما إذا كانت هذه الذبابات هي بالفعل تلك التي تولدت عنها الديدان التي ظهرت فيما بعد.

وبدأ فرانشيسكو ريدي يختبر الفرض القائل إن ذباب اللحم الناتج في اللحم الفاسد قد تولد عن ذباب من نفس النوع الذي وضع بيضاً على اللحم. وكان قوام تجاربه هو وضع لحم طازج في عدد من القدور، بعضها ترك مكشوفاً وبعضها الآخر أحكم إغلاقه بورق رفيع. وسرعان ما شوهدت

ذبابات من مختلف الأوصاف حول جميع القدور، ولكن الذباب لم يستطع الوصول إلى اللحم في القدور المغطاة بالورق، ولم تظهر فيها ديدان. أما اللحم الموضوع في القدور المكشوفة فكان من السهل أن يصل إليه الذباب، وسرعان ما ظهرت فيه مئات من الديدان. وهكذا أظهرت تجارب ريدي بوضوح أن اللحم الميت لم يكن هو الذي يؤدي إلى ظهور ديدان الذباب بالتولد التلقائي. فالذباب إنما تولد عن ذباب سابق.

ولقد كانت تلك واحدة من أولى التجارب البيولوجية التي كانت علمية بالمعنى الحديث. فقد اتبع فيها ريدي بكل دقة التسلسل الذي أوضحناه من قبل: الملاحظات الفرض التجربة المدبرة التفسير، وتوصل من ذلك إلى نتائج هامة.

وقد استهل ريدي تقريره المنشور عن نتائج بحثه هذا بالعبارة الآتية:

"على الرغم من أني أرحب بأن يصحح آرائي من هم أحكم مني، لو صدرت عني أحكام باطلة، فإني أود أن أعرب عن اعتقادي بأن الأرض، بعد أن أنتجت النباتات والحيوانات الأولى في البداية بأمر الخالق العلي القدير، لم تنتج منذ ذلك الحين أي نوع من النباتات أو الحيوانات، الكاملة منها أو الناقصة، وأن كل شيء عرفنا في الماضي أو في الحاضر أنها أنتجته، لم يأت إلا من البذور الحقيقية للنباتات والحيوانات ذاتها،

التي تقوم على هذا النحو، بوسائلها الخاصة، بحفظ أنواعها"(*).

ولقد أدت استنتاجات ريدي، والنتائج الواضحة التي أدت إليها تجاربه، إلى زعزعة إيمان كثير من العلماء الطبيعيين بفكرة التولد التلقائي. ولكن غيرهم لم يقبلوا تفسير ريدي. وأكدوا أن التولد التلقائي فكرة سليمة صحيحة. وأدى ذلك إلى اشتعال نار المنافسة: فقد بدأ علماء بيولوجيون آخرون يجرون تجارب لاختبار فكرة التولد التلقائي. ولكن نظراً إلى أن أهمية التجارب المدبرة ووسائلها لم تكن معروفة للجميع، فقد أسفرت هذه البحوث عن نتائج كثيرة متعارضة. واستطاع العلماء الطبيعيون الذين يستخدمون الملاحظات المدبرة بدقة أن يتوسعوا في تطبيق النتائج التي توصل إليها ريدي على أشكال أخرى كثيرة للحياة الحيوانية. وهكذا اتضح خلال الفترة الواقعة بين نشر ريدي لأبحاثه في عام ١٦٦٨ ومنتصف القرن التالي، أن حشرات العفص **Gall insect** لا تتولد من الأورام النباتية، وأن الضفادع لا تتولد من الطين، وأن البراغيث لا تظهر تلقائياً من القذارة (التراب)، وهلم جرا.

وبحلول منتصف القرن الثامن عشر أصبح من الثابت– إلى حد معقول– أن الكائنات العضوية الحية لا تأتي إلا من كائنات عضوية سابقة عليها، وذلك على الأقل بالنسبة إلى الديدان والحشرات وغيرها من

(*) من بحث علمي كتبه فرانشسكو يردى عام ١٦٦٨، وترجمه "ماكس بيجلو **Max Bigelow** ونشرته دار **Open Court Publishing co.** عام ١٩٠٩.

الأشكال المرئية للحياة. وقد أصبح المبدأ القائل إن الحياة لا تأتي إلا من حياة سابقة– أصبح يعرف اليوم باسم "التولد الحيوي **Biogenesis**".

غير أن أنصار التولد التلقائي لم يستسلموا للهزيمة، وكل ما في الأمر أنهم كانوا ينسحبون من موقع إلى موقع كلما تقدمت فكرة التولد الحيوي بفضل المناهج التجريبية الفعالة. وكان المجهر (الميكروسكوب) قد اخترع في القرن السابع عشر، وأدى التحمس لاستخدام هذه الأداة إلى فتح آفاق بيولوجية جديدة أمام أعين الناس وأذهانهم المتطلعة إلى المعرفة. وهكذا انسحب أنصار التولد التلقائي إلى ذلك المجال الجديد العظيم الأهمية، وأعني به العالم الميكروسكوبي. وفي هذه القلعة تحصنوا، معلنين أن التولد التلقائي، الذي قد يكون صحيحاً بالنسبة إلى الكائنات العضوية الأكبر حجماً، لا يصدق على الكائنات الصغيرة جداً، كالعفن والخميرة والبكتيريا والبروتوزا. أي أنهم كانوا يعتقدون أن تلك الأشكال "الخاصة" للحياة تتولد تلقائياً.

ولقد أثبت تاريخ العلم مراراً وتكراراً أنه عندما يضطر أنصار نظرية عامة معينة إلى التراجع إلى موقع يدافعون فيه عن حالات خاصة، فهذا دليل على أن هزيمتهم أصبحت وشيكة. وهذا بعينه هو ما حدث في حالة نظرية التولد التلقائي. ذلك لأنه لم يكن من المعروف بعد أن أبواغ العفن وأبواغ البكتيريا تحمل في الهواء في حالة عالقة. ومن هنا كان من العسير جداً الإتيان بإثبات تجريبي على أن هذه الكائنات العضوية الدنيا لا تنتجها

إلا كائنات أخرى من نوعها. كما أن أنصار التولد التلقائي قد زادوا المسألة تعقيداً: فقد أكدوا أن تعقيم الهواء والماء وغيره من المواد بالتسخين لا يؤدي فقط إلى قتل الكائنات العضوية الموجودة، بل هو يقضي أيضاً على القدرة على إنتاج الحياة والمحافظة عليها. ولا جدال في أن هذا التفسير ممكن لعملية التعقيم، حتى في الظروف المدبرة. ومن هنا كان من الضروري إثبات أن التأثير التعقيمي للحرارة هو القضاء على الحياة الموجودة، لا على القدرة على تكوين كائنات عضوية حية. ولم تخف حدة النزاع على الإطلاق نتيجة لافتقار بعض المشتركين فيه إلى البراعة في إجراء التجارب. وهكذا ظلت نظرية التولد التلقائي صامدة أمام نظرية التولد الحيوي طوال أكثر من قرن من الزمان.

على أن أبحاث "ثيودور شفان **Theodor Schwann**"[١] التي أجريت في أوائل القرن التاسع عشر قد كالت ضربة شديدة إلى نظرية التولد التلقائي، وذلك عندما أثبت أن الهواء المعقم بالتسخين يمكنه تكوين الحياة. وأخيرا سدد لوي باستير إليها الضربة القاضية عندما استطاع أن يثبت في عام ١٨٦٢ أن عدم دقة الأسلوب الفني المتبع في التجارب هو السبب في كل الأدلة المؤيدة لنظرية التولد التلقائي. وهكذا انتهى الخلاف الهائل بعد مائتي عام (من ١٦٦٨ إلى ١٨٦٢)، واندثرت تماماً تلك

---

(١) عالم فسيولوجي ألماني ولد عام ١٨١٠ وقام بالتدريس في الجامعات البلجيكية، اكتشفت إنزيم اليسين، ودرس تقلص العضلات، وطبق نظرية الخلايا، التي كانت معروفة من قبل بالنسبة إلى النباتات، على الأنسجة الحيوانية، وتوفى سنة ١٨٨٢. (المترجم)

الفكرة التي ترجع إلى أقدم العصور، والقائلة إن الكائنات الحية يمكن أن تتولد تلقائياً عن مواد غير حية، وانعقد النصر لفكرة التولد الحيوي.

على أن فكرة التولد التلقائي ما زالت لها بقايا حتى اليوم. فكثير من الناس يعتقدون في أيامنا هذه أن شعرة الحصان يمكن أن تتحول إلى أفعى إذا وضعت في الماء. ولكن هؤلاء الناس متخلفون في تعليمهم وتفكيرهم قرناً من الزمن. ومن حسن الحظ أنه لا يوجد بينهم عالم بيولوجي واحد. فالتولد الحيوي، أي المبدأ القائل إن كل حياة لا تأتي إلا من حياة سابقة، هو دعامة من دعامات البيولوجيا الحديثة، عليه ترتكز مفاهيمنا الرئيسية في علم الوراثة، وعلم التشريح المقارن، والتطور، وعلم تصنيف الأحياء.

بل إن انحياز الرأي العام العلمي إلى جانب التولد الحيوي قد بلغ حداً أصبح معه الكلام جدياً عن التولد التلقائي يعني ارتكاب خطيئة كبرى في حق البيولوجيا. ولكن على الرغم من هذه الخطيئة، فيجب أن نسلم بأنه قد حدث في مكان ما وزمن ما أن ظهر كائن عضوي حيث لم يكن هناك كائن عضوي آخر قبله وأياً ما كان تعريفنا للفظ الكائن العضوي، فإن شبح التولد التلقائي ما زال يجوس بيننا. أما على مستوى معرفتنا الحالية، فإننا نعلم أن التولد التلقائي، بالمعنى الذي كان هذا اللفظ مفهوماً ومستخدماً به، لا يقوم على أساس فعلي.

إن النزاع حول موضوع التولد الحيوي يكشف لنا عن عدة نقاط لها أهميتها بالنسبة إلى بحثنا في العلم. فقد لمسنا مرة أخرى دليلاً على

الأهمية العظمى للتجربة المدبرة. ولما كنا قد ناقشنا هذه النقطة من قبل بالتفصيل، فإنا لا نرى ما يدعونا إلى مزيد من البحث فيها.

وهناك نقطة أخرى هامة هي أن التقدم العلمي وليد عصره. فالنظرية الجديدة لا يمكن أن تثبت إلا إذا حدث تقدم عام في المعرفة وفي الخبرة الفنية يتيح إجراء اختبار سليم لها. ولابد أن تكون دنيا العلم متأهبة لتلقي المفهوم الجديد قبل أن يتاح للنظرية الثورية أن تظهر وأن تعيش. فلم يكن من الممكن أن يكون لنظرية الجراثيم في الأمراض أي معنى قبل اختراع الميكروسكوب والاعتراف بالتولد الحيوي. ولو لم تكن فكرة التطور قد ثبتت دعائمها بقوة في ميدان البيولوجيا قبل دارون لما كانت لنظريته في التطور بالانتقاء الطبيعي إلا أهمية ضئيلة، بل لكان من الجائز ألا تظهر النظرية أصلا. وما كانت نظرية النسبية عند أينشتين لتصاغ أصلا لو لم يكن العلم الفيزيائي قد تقدم إلى حد لم تعد معه المفاهيم الفيزيائية القديمة كافية على الإطلاق. وهكذا ففي وسعنا أن نأتي بمثال بعد الآخر لنثبت أن التقدم العلمي ليس حادثاً منعزلاً، وإنما هو نتيجة تقدم سابق في المعرفة وفي الأساليب الفنية التطبيقية.

وهناك عنصر آخر نستطيع أن نستخلصه من قصة التولد الحيوي، هو أن هذه النظرية لم تثبت بفضل جهود أي فرد واحد. فقد أكمل باستير في عام ١٨٦٢ ما بدأه ريدي في عام ١٦٦٨. وفيما بين البداية والنهاية أسهم علماء كثيرون آخرون في الحل النهائي للمشكلة. فالتقدم العلمي لا

يتحقق إلا نتيجة لجهود علماء كثيرين. وقد يحدث من آن لآخر أن يقترح فرد واحد مفهوماً جديداً سرعان ما يلقى قبولاً. غير أن نظريته الجديدة لا تظهر إلا بوصفها فرضاً لم يختبر، ولابد لاختبارها تجريبياً من استخدام أدوات وأساليب جاء معظمها من العمل المتراكم للآخرين. أي أن هذه النظرية الجديدة لو قبلت، لكان ذلك بفضل الاتفاق التجريبي الذي توصل إليه عدة مشتغلين بالعلم طوال فترة من الزمن. فكشفه الجديد قد يكون وميضاً خاطفاً للعبقرية، غير أن الإضافة الناجمة عنه إلى كيان العلم إنما هي ثمرة جهود الكثيرين وأفكارهم.

والواقع أن معظم الأفكار الجديدة التي تقترح لا تلقى قبولاً عاماً من العلماء. وإن سجل العلم لحافل بمثل هذه الأفكار القصيرة العمر. فلابد للنظرية، لكي تقبل وتثبت، من أن يجمع مزيداً من الواقع في إطار واحد، أو أن تقدم للوقائع المعروفة تفسيراً أبسط وأكثر اتساقاً مما تقدمه أية فكرة سابقة. على أن العلماء لا يجتمعون لكي يصدروا قرارا بشأن الأفكار التي ينبغي قبولها أو رفضها، بل إن النظريات تبقى أو تندثر بناء على استعمال العلماء أو عدم استعمالهم لها. وما إن تنشر نظرية جديدة في مجلة علمية، حتى يبدأ العلماء الآخرون في القيام باختبار نقدي لها. فإذا استخدم الآخرون تلك الفكرة الجديدة أساساً لتفسير أبحاث أخرى أمكن القول إن النظرية أصبحت معترفاً بها. أما إذا لم تستخدم الفكرة الجديدة، فمعنى ذلك أنها رفضت، وبهذه الطريقة ينمو العلم ويتقدم.

ولكن، بأي حق نقول إن كل حياة إنما تأتي من حياة سابقة؟ إن من الممكن بطبيعة الحال إجراء تجارب حول عدد محدود من أفراد عدد من الأنواع، ولكن هناك بلايين الأفراد لما يربو على مليون نوع. فماذا نقول عن هؤلاء جميعاً؟ لا شك أن من المستحيل تماماً تكرار كل تجربة بيولوجية على كل حالة من الحالات الموجودة. بل إننا نسلم بأن هذا الأمر لا داعي له على الإطلاق. فمبدأ التولد الحيوي قد اتضح أنه يسري على كل كائن عضوي تم اختباره، وإذن فليس هناك ما يدعونا إلى الشك في أنه قد لا يكون سارياً بالمثل على كل نوع وكل فرد يوجد على الأرض. بل إن الاعتراف بمبدأ التولد الحيوي قد أصبح عاماً إلى حد أن العلماء البيولوجيين لم يعودوا يجدون فيه موضوعاً يستحق البحث. وهذا يؤدي بنا إلى مسلمة أخرى يتميز بها العلم– وأعني بها التسليم بأن "الطبيعة موحدة".

فلولا هذا الإيمان البسيط بوجود مجموعة واحدة فقط من القوانين الطبيعية، أعني خطة واحدة للكون، لما أمكن وجود العلم كما نعرفه. والواقع أن الاعتراف الأساسي بوحدة الطبيعة هو مسلمة لها فائدتها الكبرى. فعلى الرغم من أنني قد لا أعرف مباشرة أي شيء عن الحاجات الغذائية لببغاء مزركش يعيش في مجاهل غابات وادي الأمازون الأعلى، فإني على استعداد للمراهنة بآخر قرش معي على أنه يحتاج إلى نفس الفيتامينات التي تحتاج إليها الفرخة التي باضت تلك البيضة التي تناولتها في إفطاري. صحيح أننا نعلم أن الأنواع المختلفة من النباتات والحيوانات

تختلف في تشريحها وسلوكها وتركيبها الفسيولوجي. ولكنا كلما عرفنا عنها المزيد، وجدنا مزيداً من الدلائل على وجود خط أساسي موحد يمر بجميع أشكال الحياة. وعلى أية حال فهذا موضوع سنتحدث عنه بمزيد من التفصيل في الفصول التالية.

على أن تأثير اعتقاد العالم بأن الطبيعة كلها موحدة يمتد أبعد بكثير من هذه الأمثلة القليلة. فهذه المسلمة تؤدي إلى نتيجة على جانب عظيم من الأهمية، هي أن تكون لنا الحرية في تطبيق المعرفة المتعلقة بفرع معين من فروع العلم على المشكلات التي نصادفها في فرع آخر. فنحن نفترض أن ما نعرفه عن الفيزياء والكيمياء له تطبيقات في ميدان البيولوجيا. ولقد سبق أن تحدثنا في الفصل الثاني عن تجارب بشأن الطريقة التي ينجح بها الخفاش في التحليق في الظلام. في هذه التجارب استعنا بمعارفنا عن فيزياء الصوت من أجل تفسير التجارب البيولوجية. وعندما نتحدث عن العمليات التي تستخدم بها النباتات ضوء الشمس من أجل صنع السكر والنشا والسيلولوز وعدد كبير من المواد الأخرى، نعتمد على معارفنا المتعلقة بالكيمياء الحيوية. ولو قام عالم كيميائي بعزل نبات وجعله يصنع السكر في أنبوبة اختبار، فإننا نفترض أن نفس التفاعلات الكيميائية كانت تحدث في النبات قبل أن يقتلعه. بل إننا لا نفترض فقط أن هذه التفاعلات الكيميائية ذاتها كانت تحدث في هذا النبات بعينه، وإنما نفترض أيضاً أن نفس العمليات الكيميائية تحدث بالمثل في ملايين عديدة من النباتات الأخرى.

إننا ننظر إلى الكون على أنه كيان ضخم واحد، منظم، تسري عليه مجموعة واحدة من القواعد. وعلى أساس هذا الإيمان، نرى أن ما يعرف في أي فرع بعينه من فروع العلم الطبيعي له أهميته وتأثيره في العلم الطبيعي كله. والهدف النهائي في العلم هو إدماج كل شيء، وكل ظاهرة، في مفهوم واحد شامل. وعلى الرغم مما في هذا الهدف من طموح يصل إلى حد الغرور، فإنه هو أساس الاعتقاد بأن الحوادث المنفصلة يمكن أن ترتبط من حيث المبدأ ارتباطاً وثيقاً. وعلى هذا الأساس يمكن تنسيق المعرفة العلمية وتنظيمها. والمسلمة الكامنة من وراء هذا هي أننا لو عرفنا كل ما يمكن أن يعرف عن ذرة أو خلية واحدة، لأمكنا أن نعرف كل ما يمكن أن يعرف عن الكون.

وفي هذا التسليم بوحدة الطبيعة يختلف العلم عن غيره من أنواع المعرفة. فالموسيقار والملحن البارع لا يجد لمعرفته قيمة كبيرة إذا فكر في نحت تمثال. وعلى العكس من ذلك نجد أن معرفة الكيمياء لها قيمة لعالم البيولوجيا، إذ إن الفروع المتعددة للعلوم الطبيعية ترتبط فيما بينها ارتباطاً وثيقاً. ولما كان العلم الحديث قد تقدم، وذلك من حيث نوع المشاكل التي يبحثها ومن حيث طبيعة الحلول المطلوبة، فإن الفيزياء، قد أصبحت أهم فروع العلم وأكثرها تقدماً. وإذا كان من الممكن تقسيم العلم الطبيعي، إجمالاً، إلى ثلاثة فروع رئيسية، هي الفيزياء والكيمياء والبيولوجيا، فإنا نلاحظ أن الفيزياء هي أبسط الثلاثة، والبيولوجيا أعقدها.

وهذا لا يعني على الإطلاق أن الفيزياء أسهل فهماً بالضرورة، بل إن بعض مراحلها عسيرة بالفعل إلى أبعد حد. وإنما المقصود بالبساطة، ذلك الطابع المباشر الذي يتسم به التجريب الممكن فيها.

إن كل مبدأ علمي، أو نظرية علمية إنما هي تعبير عن الطريقة التي نعتقد بها أن مجموعات الحوادث الطبيعية تترابط بعضها مع البعض. فمبدأ التولد الحيوي هو مثال لمفهوم علمي لم يعترف به إلا بعد كفاح طويل. فقد أثارت الفكرة القائلة إن الكائنات العضوية الحية لا تتولد إلا من كائنات عضوية حية مماثلة خلافاً دام مائتي عام. وكان السبب الرئيسي في الخلاف هو أن النظرية ظهرت قبل أوانها بوقت طويل: إذ لم تكن البيولوجيا قد تقدمت في أفكارها وفي أساليبها الفنية إلى الحد الذي تستطيع فيه تقبل مفهوم للحياة يبلغ من الشمول والضرورة ما يبلغه مفهوم التولد الحيوي. وكان الأمر الذي دعا إلى قبول هذه النظرية هو أن كمية الأدلة التجريبية التي تؤيدها قد تضخمت إلى حد أمكن معه في النهاية سحق المقاومة. على أن هناك نظريات تقبل بسهولة أكبر، وبناء على أدلة مؤيدة أقل بكثير. ذلك لأن النظريات التي يكون العلم متأهباً لها تقبل بسرعة. ومن أفضل الأمثلة على ذلك، نظرية تشارلس دارون في التطور عن طريق الانتقاء الطبيعي.

لم تكن فكرة التطور جديدة في زمن دارون. فمنذ وقت أرسطو، رجح كثير من العلماء الطبيعيين أن تكون الكائنات الحية قد مرت بنوع من التغير التدريجي المنظم، والمقصود بالتطور تغير أو نمو خلال أجيال

متعددة. والذي يفترض عادة هو أن التطور يتم من الكائنات العضوية البسيطة إلى الكائنات العضوية الأكثر تعقيداً. فمنذ أن بدأ الإنسان يدرس تركيب الأرض والمخلوقات الحية فيها، وجد أدلة كثيرة على أن أحوال الأرض قد طرأت عليها تغيرات، وأدرك بوضوح متزايد أن الأرض كما عرفت خلال حياة الإنسان فيها، مختلفة في نواح كثيرة اختلافاً تاماً عما كانت عليه منذ ملايين السنين. ولقد حاول الجيولوجيون قراءة تاريخ هذا الكوكب في تركيب وترتيب طبقات الصخر التي تكون القشرة الأرضية. واتضح لهم منذ وقت طويل أن جزءاً كبيراً مما هو الآن أرض يابسة كان فيما مضى قاعاً للمحيط. وقد عثر في مناطق باردة على بقايا نباتات وحيوانات من النوع المدارى، مما يدل على حدوث تغيرات هائلة في مناخ الأرض. كما ثبت بوضوح تام، من الحفريات التي عثر عليها في الطبقات الصخرية، أن النباتات والحيوانات قد طرأت عليها اختلافات هائلة خلال مختلف عصور التاريخ الجيولوجي. بل إن من السهل أن ندرك حتى بدون الدخول في تفاصيل الحفريات التي عثر عليها، أن مجرد وجود بقايا لمخلوقات لا تشبه أية مخلوقات معروفة في العالم الحديث، هو دليل كاف على أنه قد حدثت تغيرات.

ولقد شاع في القرن الثامن عشر تفسير للحفريات التي كانت تكتشف لحيوانات منقرضة، هو ذلك الذي يعرف باسم "نظرية الكوارث الدورية" **Catastrophism**. هذه النظرية تقول إنه كان يحدث من آن

لآخر، خلال الأحقاب السحيقة في التاريخ الماضي، أن تقع كارثة مروعة، كالفيضان أو الجفاف أو الزلزال أو الحريق، تقضي تماماً على كل مظاهر الحياة. وعلى أثر هذه الكارثة، تنشأ مجموعة جديدة تماماً من النباتات والحيوانات. وإذن فلم يكن هناك أي نوع من التغير التدريجي أو التطور، وإنما كانت هناك سلسلة من أفعال الخلق الخاصة التي يحدث كل منها في أعقاب كارثة كونية. ومن الواضح أن نظرية الكارثة ليست نظرية تطور، وإنما هي نظرية تحاول تفسير الظواهر الجيولوجية بطريقة بعيدة كل البعد عن التطور. ومع ذلك فإنها تعجز عن تعليل ظواهر كثيرة جداً. والأهم من ذلك أن من المستحيل اختبارها. فالوسيلة الوحيدة لتحقيقها هي أن تحدث كارثة كهذه، غير أن الإنسان الذي سيكون شاهداً على هذه الكارثة سيكون للأسف الشديد ضحية لها في نفس الوقت. وإذن فالنظرية تحمل في ثناياها عوامل هدمها، ولذا فإنها لم تعمر طويلاً.

ولقد أثبتت دراسات الحفريات أن من الممكن ترتيب هذه الأشكال الحيوانية المنقرضة في سلسلة يكون أقدمها هو أبعدها عن الأشكال الحديثة، ويكون الأقرب منها عهداً مشابهاً بصورة متزايدة للأنواع الموجودة. ويدل هذا النوع من الأدلة على حدوث تغيرات تدريجية، أو تطورية. كذلك أوحت أدلة أخرى مستمدة من دراسات تطور الأجنة وتشريحها، بأنه قد حدث تطور بيولوجي تدريجي خلال تاريخ الأرض الطويل. وبحلول أوائل القرن التاسع عشر، كانت البيولوجيا قد تقدمت إلى

حد أصبحت فيه مستعدة لتقبل نظرية في التطور، ولاستخدامها. غير أن ما كان يلزم عندئذ هو فكرة مقبولة عن الطريقة التي يمكن أن يكون هذا التطور قد حدث بها.

وفي عام ١٨٠٩ نشر الشيفالييه دى لامارك Chevalier de Lamarck، وهو عالم بيولوجي فرنسي، كتاباً عرض فيه نظرية متعلقة بالطريقة التي يسير بها التطور، وبمقتضى نظرية لامارك، تكون التغيرات التطورية في نوع ما ناتجة عن العادات التي يكتسبها أفراد الحيوانات في هذا النوع والتعديلات الجسيمة التي تطرأ عليها. ويطلق على هذه النظرية اسم "التطور بوراثة الصفات المكتسبة". والواقع أن هذه النظرية تقدم تفسيراً معقولاً لكثير من الظواهر الملاحظة بشأن التطور. فتبعا لهذه النظرية، تكون الزرافة قد اكتسبت بالتدريج رقبة طويلة جداً لأنها كانت تمد رقبتها على الدوام، محاولة أكل أوراق أشجار مرتفعة. فلنتصور حيواناً شبيها بالزرافة، ولكن رقبته قصيرة. مثل هذا الحيوان، الذي يتغذى على أوراق الأشجار، لا يستطيع أن يصل إلا إلى الأوراق المنخفضة. ولكنه بعد أن يأتي على كل الأوراق المنخفضة، يحاول الوصول إلى الأوراق الأعلى منها، فيؤدي به ذلك إلى أن يمد رقبته على الدوام، بحيث إن رقبته تزداد طولاً بالفعل كلما تقدم به العمر. ثم تورث هذه الرقبة الأطول التي اكتسبت بمجهود عضلي، إلى ذريته، التي تبدأ الحياة برقبة أطول بفضل طريقة استخدام أبويها لرقبتيهما. وهكذا تطورت الزرافة حتى أصبحت على

ما نعرفها اليوم، بعد أجيال عديدة من مد الرقبة باستمرار: وتبعاً لهذه النظرية، يكون أبناء "جوكي" خيل السباق فرساناً أفضل مما لو كان أبوهم هو نفس الرجل ولكنه يشتغل كاتب حسابات. وبالاختصار فإن نظرية لامارك تقول أن الخصائص التي يكتسبها فرد ما (من عادات ومهارات ومقدرات جسيمة) تنتقل إلى ذريته.

ولقد لقيت نظرية لامارك ترحيباً كبيراً من العلماء، لأن الفكرة القائلة إن الصفات المكتسبة يمكن أن تورث كانت تحوم في الجو منذ وقت طويل. ولقد كانت نظرية لامارك هي أول "تفسير" متسق للتطور. وكل ما فعله لامارك هو أنه أخذ فكرة كانت قد تأصلت بعمق في النفوس، وطبقها على مشكلة بيولوجية محددة، هي مشكلة التطور. وكما سنوضح فيما بعد، فإن نظرية لامارك لم تعد تجد لها مكاناً في البيولوجيا الحديثة. ومع ذلك، ففي الوقت الذي كان فيه تشارلس دارون يتلقى تعليمه في البيولوجيا، كانت نظرية لامارك في التطور مقبولة لدى جمهرة العلماء، وكانت تعلم في المدارس.

ولقد كان دارون ملاحظاً دقيقاً صبوراً، ظل سنوات طويلة يتعجب لمقدار التنوع الذي يمكن الاهتداء إليه بين أفراد من نفس النوع النباتي أو الحيواني. وقد انتفع على أفضل وجه، وهو عالم طبيعي شاب، من فرصة سنحت له للسفر حول العالم. فقد قام برحلة مدتها خمس سنوات، بوصفه عالماً طبيعياً، على ظهر السفينة "بيجل"، واستطاع أن يعمق خبرته

في ميدان البيولوجيا إلى حد هائل. ولقد كان الشيء الذي يجذب انتباهه، وسط التنوع الهائل للنباتات والحيوانات التي درسها ولاحظها، هو تلك الفروق البسيطة الملحوظة بين النماذج الفردية. وكانت أكثر الفروق استرعاء لاهتمامه هي تلك الفوارق الضئيلة التي نرى في كل يوم أمثلة لها، ولا نلقي إليها بالا بحجة أنها تافهة. تلك هي التي تجعل فرساً معيناً يكسب سباقاً وآخر يخسره، وهو فرق لا يبدو ذا أهمية في نظرنا، ما لم نكن قد راهنا في السباق. وهناك سمات فردية بسيطة هي التي تحدد الفارق بين الرابح والخاسر في المعارض الزراعية، والمسابقات الرياضية، ومعارض الزهور، ومعارض الكلاب، ومسابقات الجمال. وإذن، فمن الوقائع الملاحظة التي أسهمت في نظرية دارون، مجموعة الوقائع التي تثبت أن هناك كثيراً من التغيرات الفردية الضئيلة تطرأ على أفراد أي نوع نباتي أو حيواني.

وهناك فكرة أخرى أثرت في تفكير دارون، أتته من قراءة بحث. ففي عام ١٧٩٨ نشر توماس مالثوس **Thomas Malthus** مقالا أشار فيه إلى أن السكان الآدميين يتجهون إلى الزيادة في العدد إلى حد لا تعود معه كميات الطعام المتوافرة كافية لهم. وقد استخدم مالثوس هذه الحجة من أجل تأييد الفكرة القائلة إن أي بلد مزدحم بالسكان لابد أن يكون معظم الناس فيه ناقصي التغذية والملبس، وأن يعانوا على وجه العموم من سائر مظاهر الفقر. وقد ذهب إلى أن هذه الحالة المؤسفة أمر طبيعي لا مفر

منه، إذ إنه حتى لو ازدادت الحالة رخاء، فكل ما سيحدث هو أن السكان سيزيدون حتى تعود مرة أخرى تلك الحالة التي لا يجد الجميع فيها ما يكفيهم. وتؤدي ظروف الفقر إلى زيادة معدل الوفيات، وإلى الحيلولة دون تضخم السكان أكثر مما ينبغي. وهكذا فإن مالثوس يرى أن أية جماعة من البشر لابد أن تصل إلى حالة من التوازن في مستوى منخفض للمعيشة. ومن الطبيعي أننا نميل إلى الاعتقاد بأن هذه النتيجة التي تنبأ بها ملثوس لا يتعين أن تحدث في مجتمعنا الحديث ما دامت التكنولوجيا عندنا تواصل تقدمها. غير أن تشارلس دارون رأى أن ما قاله مالثوس عن الجماعات البشرية ينبغي أن يصدق أيضاً على أية جماعة نباتية أو حيوانية. ومنذ أيام مالثوس ودارون، أثبتت التجارب التي أجريت على المجموعات الحيوانية صحة هذا التفسير.

وإذ وضع تشارلس دارون في اعتباره السرعة التي تتكاثر بها الحيوانات، حتى البطيئة التوالد نسبياً منها، فقد بدا له أن من الواضح أن الجزء الأكبر من ذريتها لابد أنه كان يموت قبل أن يصل إلى مرحلة النضج. ولنضرب مثلا للعدد الممكن من الأفراد الذين ينتجون حتى بمعدل متواضع للتناسل: فلنتصور نوعا من الطيور لا يضع كل زوج فيه إلا بيضتين في العام، خلال عمر تبلغ مدة التناسل فيه ستة أعوام. فلو بدأنا بزوج واحد من هذه الطيور، لكان لدينا بعد اثني عشر عاماً– أي بعد فترتين تناسليتين– قطيع يبلغ عدده حوالي أربعة آلاف طائر. ولكن الواقع

أن النوع لا تتاح له فرصة إظهار مقدرته العجيبة على التكاثر إلا نادراً. وفي بعض الأحيان يؤدي دخول نوع، بالصدفة، في أرض جديدة إلى إظهار هذه المقدرة العجيبة. ومن أشهر الأمثلة على ذلك، دخول الأرنب في استراليا، إذ إن هذه القارة أصبحت زاخرة بالأرانب بالمعنى الصحيح. وهناك أمثلة أخرى مألوفة هي الانتشار المفاجئ للحشرات. أما في الأحوال العادية فلا تحدث زيادات انفجارية، وإنما يظل عدد أفراد النوع الواحد متماثلاً تقريباً، وقد يزيد أو ينقص ببطء.

فإذا كان القليلون وحدهم هم الذين يكتب لهم البقاء، فعلى أي أساس يبقى البعض ويختفي البعض الآخر؟ رأى دارون أن أكثر الأفراد تكيفاً مع ظروف حياتهم هم الذين تكون لديهم أفضل فرصة في البقاء. ولكن كيف يكون البعض، في مجموعة من الحيوانات تتماثل في الصفات الأساسية، أكثر تكيفاً من البعض الآخر؟ لابد أن يكون ذلك راجعاً إلى الفوارق الفردية، أي إلى الاختلافات البسيطة التي تجعل من كل كائن عضوي فرداً. فأية خاصية بسيطة تجعل صاحبها أكفأ قليلاً في حياته اليومية، لابد أن تعطي هذا الفرد فرصة أفضل من العادية للوصول إلى مرحلة النضج وإنجاب ذرية. ومن الممكن أن ينقل هذا الفارق النافع إلى الذرية، التي تكون لديها بدورها فرصة أفضل من العادية للبقاء. وهكذا يمكن التحكم في اتجاه التطور، عن طريق مجرد الانتقاء الطبيعي المستمر للأفراد الذين هم وحدهم الأكثر قدرة على البقاء والتكاثر. هذا هو لب نظرية دارون في التطور بالانتقاء الطبيعي.

وتبعاً لنظرية دارون، يمكن تفسير طول رقبة الزرافة على أساس مختلف تماماً عن ذلك الذي فسرته به نظرية لامارك. فقد كانت فكرة لامارك، كما قلنا من قبل، هي أن الزرافة الحديثة لديها رقبة طويلة نظراً إلى الجهود التي كان يبذلها أسلافها من أجل بلوغ أهداف أعلى باستمرار. وهذه الجهود هي التي أدت إلى ازدياد طول الرقاب، الذي ورث للأجيال التالية. أما نظرية دارون فتقول إنه قد ولد من أسلاف الزراف عدد يزيد على ما يمكنه البقاء حتى النضج. ولقد حدث، بمحض الصدفة، أن بعض الزرافات كانت لها رقاب أطول قليلاً من الأخريات، فاستطاعت الزرافات ذوات الرقاب الأطول، في تنافسها مع غيرها على موارد غذائية محدودة؛ أن تصل إلى مسافات أعلى في الأشجار، وأن تتغذى على أوراق لا تصل إليها زميلاتها ذوات الرقاب القصيرة. وهكذا كانت لديها فرصة أفضل من العادية في البقاء والتكاثر، وتوارثت ذريتها الرقبة الطويلة. وبالنسبة إلى ذريتها، فإن تلك التي تملك منها رقاباً أطول حتى من رقاب آبائها هي التي لديها أفضل الفرص للبقاء.

ولقد كان من مزايا نظرية دارون في التطور بالانتقاء الطبيعي أنها قدمت مبدأ موحداً متماسكاً، من حيث إنها أرجعت كل التغيرات التطورية المشاهدة في الطبيعة إلى إطار واحد شامل. فلم تعد هناك حاجة إلى البحث عن تفسيرات منفصلة لتطور كل نبات وحيوان، وإنما أرجعت كل شيء– النبات والحيوان والبيئة– إلى نظرية معقولة واحدة، وقدمت تفسيراً

للطريقة التي كان من الممكن بها أن تظهر الأنواع المتباينة الكثيرة من المخلوقات الحية، في بوتقة الطبيعة، من أشكال أقل عدداً وأبسط تركيباً على مر مئات الملايين من السنين في عالم دائم التغير.

ولقد رأينا من قبل أن نظرية التولد الحيوي لم تقبل إلا بعد أن جمع عدد هائل من الأدلة التجريبية المؤيدة لها. أما نظرية دارون في التطور بالانتقاء الطبيعي فقد لقيت قبولاً أسرع بكثير، وذلك دون أدلة تجريبية تقريباً. بل إنها عندما قدمت لأول مرة، كانت في الواقع أقرب إلى الفرض منها إلى النظرية بمعناها الصحيح. ولكن على الرغم من أنه لم تجر تجارب، فإن الفرض كان متسقاً مع مجموعة ضخمة من الملاحظات البسيطة. ففي الوقت الذي ظهر فيه مفهوم الانتقاء الطبيعي، كان علم البيولوجيا على استعداد كامل لتلقيه. ومما يدل على أن أوان ظهور هذه النظرية كان قد آن، أن النظرية قد طرأت على ذهن عالم إنجليزي آخر، هو ألفرد والاس **Alfred Wallace**، في نفس الوقت الذي خطرت فيه ببال دارون تقريباً. ولقد كان والاس في الملايو، التي تكاد تكون أبعد مكان ممكن عن معمل دارون في إنجلترا. ومع ذلك فقد توصل والاس ودارون إلى نفس النتائج، دون أن يسمع أحدهما عن بحوث الآخر. وقد عرضنا نظريتهما متضامنين أمام جمعية علمية في لندن، بعد أن اكتشفا تماثل أفكارهما. ولكن لما كان دارون قد جمع ملاحظات أوسع، كما أنه كان أنشط في الدفاع عن النظرية، فقد أصبح ينال دائماً من الفضل ما يزيد كثيراً على ما يناله ألفريد والاس.

ولقد كان من أهم الأسباب التي أدت إلى قبول نظرية الانتقاء الطبيعي على الرغم من افتقارها إلى تأييد تجريبي، أنها كانت متمشية إلى حد بعيد مع عدد كبير من الوقائع الملاحظة. فقد كان –ولا يزال– من الصعب أن ننظر إلى كلب من نوع "البولدوج" وآخر من نو "اللولو"، وهما سلالتان كونهما الإنسان من نوع وحشي واحد عن طريق التربية الانتقائية للسلالات فحسب، ويظل لدينا مع ذلك شك في أن الانتقاء الطبيعي كان عاملاً في التطور. وإذا كان الإنسان يستطيع عن طريق الانتقاء تكوين عدد كبير من الفروع النباتية والسلالات الحيوانية الملائمة لحاجات الخاصة، فما أكثر ما كان الانتقاء الطبيعي قادراً على تحقيقه طوال ملايين السنين. ومنذ وقت دارون، درست النظرية على نطاق واسع، واختبرت تجريبياً بالطبع، فأدى ذلك إلى زيادتها قوة في بعض أوجهها: إذ إن علم الوراثة الحديث قد دعمها إلى حد هائل. ومع ذلك فالرأي السائد الآن هو أن الانتقاء الطبيعي ليس هو الوسيلة الوحيدة التي تم بها التطور. فالصورة أعقد بكثير من كل ما تصوره تشارلس دارون.

والواقع أن تقديم النظريات بدون أدلة تجريبية هو عمل محفوف بالخطر. ولقد صاغ دارون ذاته نظريتين أخريين، لم يقدر لهما البقاء، إذ إن كلتيهما أخفقت في اجتياز اختبار التجريب. كانت إحدى هاتين النظريتين متعلقة بالوراثة، ذلك لأن نظرية الانتقاء الطبيعي تقتضي أن تكون هناك وسيلة ما تنقل بها الصفات الملائمة من الأب إلى ذريته. على أن علم

الوراثة لم يكن قد عرف عنه شيء في أيام دارون، إذ إن هذا الفرع من البيولوجيا لم يبدأ ظهوره– الذي ارتفع بعده فجأة كالشهاب– إلا بعد عام ١٩٠٠، ومن هنا فإن فكرة دارون الخيالية عن الوراثة قد تحطمت تماماً بمجرد ظهور أول تطورات علم الوراثة الحديث. أما نظرية دارون الأخرى فقد حاولت تفسير الأشكال اللونية والسلوك الجنسي للطيور، وقد أخفقت بدورها في اجتياز الزمان والتجربة. وقد أطلق على هذه النظرية اسم نظرية الانتقاء الجنسي، وكان أساسها هو أن الإناث تختار الذكور الذين تعاشرهم. وعلى ذلك فقد يحدث تطور للصفات الجنسية كالريش المزركش والغزل العجيب الذي يتبدى في سلوك الطيور. كذلك كان المفروض أن تعلل هذه النظرية حجم القرون في الغزلان والأيل. فهذه الصفات قد لا تكون لها قيمة لبقاء الطائر أو الحيوان الثديي، غير أن من الممكن أن يكون لها تأثير هام، هو زيادة فرص المعاشرة، ونقل الصفة إلى جيل تال. أي أن التطور في الذكر قد يكون متوقفاً– ولو جزئياً– على مزاج الأيل. على أن التجارب التي أجريت على سلوك الحيوان لم تأت بأي تأييد لنظرية دارون في الانتقاء الجنسي.

ولكن، ماذا أصبح من أمر نظرية لامارك في التطور بوراثة الصفات المكتسبة بعد كل هذا؟ لقد كانت نظرية لامارك تختلف عن نظرية الانتقاء الطبيعي في أمور عظيمة الأهمية. ذلك لأن نظرية دارون قد تجاوزت نظرية لامارك بمراحل ففكرة الانتقاء الطبيعي تفسر عدداً أكبر من الوقائع

الملاحظة. فهي تفسر التطور، وتفسر معه واقعة أخرى مشاهدة، هي أن عدد أفراد الأنواع النباتية والحيوانية يظل في الأحوال العادية ثابتاً تقريباً. فنظرية الانتقاء الطبيعي قد أدرجت كلاً من هاتين الواقعتين المشاهدتين في إطار محكم واحد. أما نظرية لامارك فلم تدل بشيء عن مشكلة ثبات عدد أفراد الأنواع، وحاولت تفسير التطور فيما يتعلق باستمرار بقاء الفرد أو النوع. كذلك كانت نظرية دارون متمشية مع ما ظل القائمون بتربية السلالات الحيوانية يقومون به منذ وقت طويل. فقد أمكن تكوين سلالات مختلفة من الخيل والأبقار والكلاب والماشية وغيرها، عن طريق التربية الانتقائية للسلالات، أي عن طريق الجمع في المعاشرة الجنسية بين أفراد من الحيوانات يظهر فيهم الشكل أو اللون المطلوب. وكل ما قاله دارون هو أن انتقاءً مماثلاً، متعلقاً بالتكيف، يحدث في الطبيعة بلا انقطاع. أما نظرية التطور عند لامارك فلم تكن قائمة على أية مشابهة كهذه مع عملية تكوين سلالات الحيوانات الأليفة. وهكذا كانت نظرية التطور بالانتقاء الطبيعي تكون إطاراً أوسع وأشمل من النظرية القديمة التي حلت محلها.

وهناك سبب آخر عظيم الأهمية للاستعاضة عن نظرية لامارك بنظرية دارون، وهو سبب متعلق بالأدلة التجريبية. ذلك لأن علم الوراثة، وهو أدق فروع البيولوجيا، ما فتئ يؤيد فكرة التطور بالانتقاء الطبيعي. كذلك فإن الدراسات المتعلقة بديناميكيات المجموعات النباتية والحيوانية قد أيدت هذه النظرية. أما نظرية لامارك فقد استبعدت لأنه لم يظهر أبسط

دليل تجريبي يؤيدها. ولقد بذلت محاولات كثيرة لاختبار فكرة وراثة الصفات المكتسبة، غير أن النظرية أخفقت في كل اختبار، ومن المحال أن تعيش نظرية طويلاً إذا لم تؤيدها التجربة، إذ إنها بدون التأييد التجريبي لا يمكن أن تصبح جزءاً من العلم.

ولكن على الرغم من هذه العيوب، فإن نظرية لامارك هي النظرية "الرسمية" في علم الوراثة في الدول الشيوعية. وهي تعرف هناك باسم نظرية متشورين في الوراثة، تمجيداً للعلامة الروسي ميتشورين Michurin بدلاً من العلامة الفرنسي لامارك. والواقع أن علماء البيولوجيا الروس لم يكن يسمح لهم، طوال عدد من السنين، بأن ينشروا نتائج دراساتهم في علم الوراثة إن لم تكن متمشية مع فكرة وراثة الصفات المكتسبة. غير أن الاتجاه الرسمي لم يعد يفرض في السنوات القلائل الأخيرة بمثل هذه الصرامة، وذلك لأسباب عملية بحتة. على أن نظرية متشورين في الوراثة ما زالت هي النظرية الوحيدة التي تباركها الهيئات الشيوعية، وما ذلك إلا لأنها أكثر اتساقاً مع المعتقدات الشيوعية من علم الوراثة الحديث. وما هذا إلا مثل آخر للحقيقة التي تفرض بإعلان رسمي، وهي ظاهرة كانت لها سوابق من قبل. فقد أثبت وليام هارفي في عام ١٦٢٨ أن الدم يجري في دورة تمر بالجسم كله، غير أن هذه النظرية بلغت من الثورية، ومن التعارض مع معتقدات راسخة، حداً جعل أكبر الهيئات العلمية بفرنسا تصدر قراراً مفاده أن الدم لا يدور. ومع ذلك فقد استمر يدور!

إن في العلم نظريات عديدة، نظريات مقنعة ملهمة. وللنظريات أهمية علمية كبرى لأنها محاولات لإدخال وقائع كثيرة في إطار واحد مقنع للعقل، تماماً كما نركب قطع اللعبة الخشبية من أجل تكوين صورة منها. والنظريات تقدم إلينا وسيلة لتكوين مفاهيم ناجحة، وسبيلاً إلى فهم العالم الذي نعيش فيه على نحو يزداد على الدوام تقدماً. فإذا صمدت النظرية لاختبار تجارب مختلفة الأنواع خلال فترة طويلة من الزمان، أصبحت ثابتة كمبدأ أو قانون. فالتولد الحيوي يعرف بوصفه قانوناً بيولوجياً، والانتقاء الطبيعي قد أصبح مبدأ. وهناك عدة قوانين معروفة في الفيزياء– كقانون بقاء المادة والطاقة، وقانون الغازات، وقوانين الحركة، وغيرها. ومع ذلك فقد يحدث أحياناً أن تظهر كشوف جديدة تهدم تماماً قانونا قديماً. وهكذا فإن أقوى أفكارنا دعائماً في موضوع معين قد لا تكون هي ذاتها الكلمة الأخيرة التي تقال في هذا الموضوع.

الفصل الرابع
من الواقعة إلى النتيجة النهائية

(قال له بيلاطس: ما الحقيقة؟)

(يوحنا ١٨: ٣٨)

من علامات الضعف المحض أن يتساءل المرء "ما الحقيقة؟" ثم ينفض يديه نهائياً من المشكلة، كما فعل رجل روماني[١] في بيت المقدس منذ حوالي ألفي عام. فمهما كانت الحقيقة بعيدة المنال، فهي دائماً غاية الذهن النزيه المنقب. على أن الأفكار التي تؤمن بها، والنظريات العلمية التي نقبلها، لا تكون في ذاتها حقيقة، وإنما هي وسائل اصطنعها الإنسان للاقتراب من الحقيقة. "فالحقيقة العلمية" ليست حقيقة مطلقة، وإنما هي مجرد نظرية يشيع قبولها. بل إن نفس تعبير "الحقيقة العلمية" ليس من التعبيرات التي يستخدمها العالم في أبحاثه. فما النظرية إلا فكرة تمكننا من إدراج عدد كبير من الملاحظات في إطار واحد، لا أكثر ولا أقل.

وكما أكدنا من قبل في معرض مناقشة التجارب وطريقة ظهور النظريات، فإن "الوقائع" الوحيدة المتضمنة في العلم هي ملاحظات

---

[١] المقصود هو بيلاطس البنطي، القائد الروماني الذي صلب المسيح بأمره، والذي يجد القارئ اسمه في العبارة التي تتصدر هذا الفصل. (المترجم)

للأشياء والحوادث. ولما كان من المستحيل علينا أن نتعامل مع ما لا نلاحظه، فلابد لنا من التسليم بأن ما نلاحظه بالفعل واقعة صلبة لا تقبل الجدل. ولو كانت كل واقعة من هذا النوع حادثاً منعزلاً، لا صلة له بكل ما عداه، لكان عالمنا فوضى خالصة، ولما كان للعلم معنى. ومن هنا فإننا نفترض أن الأشياء والحوادث التي نلاحظها يمكن أن ترتبط فيما بينها بطريقة ما لتكوين أنموذج منظم وإذن فالنظرية هي وصف لأفضل فكرة لدينا عن الطريقة التي تترابط بها مثل هذه الوقائع سوياً.

على أنه لو كان من شأن الوقائع الطبيعية ألا يلائمها إلا تفسير واحد، لكان ذلك أمراً غريباً بحق. فعلى أي أساس إذن نضع النظرية؟ وما السبب الذي يدعونا إلى الاعتقاد بأن للنظرية أية صحة، حتى لو بدت متفقة مع الوقائع المشاهدة؟ هذه الأمثلة تؤدي بنا إلى بحث موضوع العمليات الاستدلالية التي ينطوي عليها تكوين الفرض، وتفسير التجربة، والوصول إلى النظرية. ولهذا الموضوع أهمية فائقة في فهمنا للعلم، ومن الممكن أن نكتب مجلدات ضخمة عن المنطق العلمي والاستدلال في العلم– وقد كتبت مجلدات كهذه بالفعل.

إن العلم لابد أن يبدأ بوقائع مشاهدة، وكلما ازداد عددها كان ذلك أفضل. ولكن ينبغي على أية حال أن يكون لدينا البعض منها على الأقل. ومن هذه الوقائع نحاول أن نرسم صورة متسقة معها كلها. هذا النوع من الاستدلال يسمي باسم "الاستدلال الاستقرائي **Inductive**

reasoning". وما الاستقراء إلا استخلاص نتائج من مجموعة من الملاحظات. وهذه هي العملية الاستدلالية الأساسية المستخدمة في العلم. ففي حالة التجارب التي أجريت على تحليق الخفافيش ونمو النباتات، توصلنا إلى أفكار عن طريق بحث مجموعات من الوقائع. وعند الوصول إلى مبدأ التولد الحيوي ونظرية الانتقاء الطبيعي، كان الاستدلال استقرائياً بدوره. فالاستقراء هو أخذ مجموعات من الملاحظات على أنها وقائع، ثم جمع هذه الوقائع سوياً داخل إطار واحد.

على أن الاستقراء ليس هو الوسيلة الوحيدة للاستدلال، بل إن من الممكن أن نعكس العملية الاستدلالية. ويطلق على هذا النوع المعكوس من الاستدلال اسم الاستنباط **deduction**. فالاستدلال الاستنباطي هو قبول فكرة عامة على أنها حقيقة، ثم الحكم على الحالات الفردية على أساسها.

ولنضوب مثلا بسيطاً يوضح الفرق بين الاستدلال الاستقرائي والاستدلال الاستنباطي. فلنفرض أن أحداً تساءل: "ما نوع خلايا الدم عند النسور؟. هذا السؤال يمكن أن يجاب عنه بإحدى طريقتين: فالطريقة الاستقرائية لحل المشكلة هي أن نخرج ونصطاد عدداً من النسور. وعن طريق فحص بعض العينات من دم النسر تحت المجهر نستطيع أن نصل إلى إجابة عن السؤال. فسوف نرى خلايا دم النسر تحت المجهر، وستكون هذه وقائع لا سبيل إلى الشك فيها. ومن نوع خلايا الدم التي نهتدي إليها، نستطيع أن نستنتج أننا قد عرفنا شيئاً عن دم النسور بوجه عام.

ولما كان اقتناص النسور عملية غير مأمونة– على أحسن الفروض– فإن أيسر سبيل إلى إجابة هذا السؤال هو أن نحاول العثور على شيء عنه في كتاب. فلو تناولنا كتاباً عن الطيور، سنجد أنه ينبئنا بأن لكل الطيور خلايا دموية حمراء منواة **Nucleated**. وعلى ذلك فإننا نستدل على أنه لما كان النسر طيراً، فلابد أن تكون له بدوره خلايا دموية حمراء منواة، وبذلك نكون قد أجبنا عن السؤال دون أن نضطر إلى خروج لاصطياد النسور. هذه الطريقة في الإجابة استنباطية. وفي مثل هذا النوع من الاستدلال، نتخذ من العبارة العامة القائلة "إن كل الطيور لها خلايا دموية حمراء منواة" واقعة. أما السؤال الخاص المتعلق بالنسور فيستنبط منها بوصفه مجرد حالة خاصة أو مثل جزئي لها.

وفي خلال القرون الوسطى لم يكن هناك إلا القليل من الاستدلال الاستقرائي، وكان الجزء الأكبر مما يعرف عن الطبيعة مستمداً من الاستنباط. وهناك قصة –ربما كانت صحيحة– تروى عن اثنين من الرهبان المدرسيين وطالب علم. ففي أمسية باردة من أمسيات الشتاء كان الثلاثة جالسين أمام نار متوهجة يناقشون موضعات علمية. وعند نقطة معينة في المناقشة سأل الطالب: "كم عدد أسنان الحصان؟" ولم يكن واحد من الراهبين يعلم الجواب من فوره، فتناولا مؤلفات أرسطو من فوق الرف وبدآ يبحثان عن الجواب. ذلك لأن كلمة أرسطو كانت في هذه العصور المظلمة تعد بمنأى عن كل شك. وظل الراهبان يبحثان ساعتين، ولكنهما

لم يهتديا إلى جواب يدلهما على عدد أسنان الحصان. وأخيراً اقترح الطالب في سذاجة أن يخرجوا جميعاً إلى مزرعة قريبة وينظروا داخل فم الحصان، فأدى هذا الاقتراح إلى جرح مشاعر الراهبين إلى حد أنهما ألقيا بالطالب المسكين من النافذة في الثلج، وعادا إلى كتبهما.

إن للاستدلال الاستنباطي مكاناً في العلم، وهو يقوم في كثير من الأحيان بدور هام. فالرياضة مبحث استنباطي محض، يسلم فيه بصحة أمور معينة، ثم يستنبط بقية النسق منها. هذه المسلمات تسمى المصادرات Postulates، وهي تعد واضحة بذاتها. وهي تكون أساس الرياضيات. على أن الرياضة ليست علماً، وإنما هي فرع مستقل من المعرفة، له كيانه الخاص. ولقد أثبتت الرياضيات أنها أداة عظيمة الفائدة عندما طبقت على الأبحاث العلمية يوصفها لغة للعلم. ومع ذلك فمن الواجب دائماً استخدامها أداة استنباطية، ولا يمكن أن يكون لنتائج التحليل الرياضي لمشكلة ما أية قيمة علمية إلا إذا أيدتها ملاحظات فعلية.

وتعد هندسة إقليدس الكلاسيكية مثالاً لنسق رياضي شيد من عدد قليل من الحقائق المسلم بها، أو من المصادرات. ومن هذه المصادرات، المصادرة القائلة إن أقصر مسافة بين نقطتين هي خط مستقيم. وإنه ليبدو من المؤكد تماماً، من وجهة نظرنا العادية، أن أقصر طريق من مكان إلى آخر هو الطريق المستقيم. ومع ذلك فهذا أمر لا يمكن البرهنة عليه، وينبغي أن يؤخذ بوصفه قضية واضحة بذاتها. ولقد اتخذ إسحق نيوتن،

وهو أحد مؤسسي الفيزياء، من هذه الهندسة الكلاسيكية لغة للتعبير عن قوانينه المشهورة للكون الفيزيائي.

ولقد ابتدع عدد من الرياضيين أنساقاً رياضية مبنية على مسلمات تختلف عن مسلمات إقليدس. ففي أواسط القرن التاسع عشر وضع عالم رياضي يدعى "جيورج ريمان **Georg Riemann** نسقاً منطقياً كاملاً يتضمن المسلمة غير المحتملة القائلة إن القوس أصغر مسافة بين نقطتين. وكانت لهندسة ريمان طرافتها بوصفها لعبة رياضية، ولكن كان يظن أنه لا قيمة لها في العلم، لأن المصادرات التي تبدأ بها كانت تعد غير صحيحة. ولكن بحلول نهاية القرن التاسع عشر كان العلم الفيزيائي قد تقدم إلى حد لم تعد فيه النظريات الفيزيائية الكلاسيكية كافية تماماً. فقد واجه الفيزيائيون عدداً من الوقائع الملاحظة التي لم يكن من الممكن تفسيرها بقوانين نيوتن. وفي عام ١٩٠٥ جاء ألبرت أينشتين بحل للمعضلة، وكان حله هذا هو نظريته في النسبية. ولقد كانت الرياضة المستخدمة في هذه النظرية مبنية على نسق جيورج ريمان. وهكذا أصبحنا اليوم ننظر إلى المكان ذاته على أنه مقوس.

إن المفاهيم العلمية تستمد بالاستقراء، وذلك عن طريق تكوين نظريات وقوانين من مجموعات من الملاحظات المتقاربة. غير أن للاستنباط بدوره دوراً في المنهج العلمي، إذ إن من الممكن جداً أن يكون الفرض استنباطاً معروضاً للاختبار. وعندئذ تتخذ تطبيقات النظريات والقوانين

المعترف بها بدورها صورة تنبؤات استنباطية. ولكن على الرغم من أن المسألة شديدة التعقيد، فإن العلم في أساسه معرفة استقرائية، وذلك لأن شرط التحقيق التجريبي ضروري بالنسبة إلى كل فكرة وكل استنباط.

إن هناك وسائل متباينة يمكن بها تفسير الملاحظات والتجارب، منها ما هو بسيط ومنها ما هو شديد التعقيد. ولابد بطبيعة الحال أن تكون النتائج التي نصل إليها متمشية مع ما لدينا من الوقائع. كما ينبغي أن تكون مباشرة وبسيطة بقدر الإمكان. فمن الواجب ألا نفترض أبداً أن الطبيعة معقدة بلا داع. وحيثما كان لنا الخيار، فإننا نتبع القاعدة القائلة إن أبسط نظرية هي على الأرجح أقرب النظريات إلى الصواب. والواقع أن قاعدة البساطة هذه هي في حقيقتها مسلمة لا يمكن إثباتها. فمن الجائز أن الطبيعة دائماً شديدة التعقيد، ولكن هذا يبدو أمراً بعيد الاحتمال. وعلى أية حال فإن العقل السليم ذاته ينهانا عن اقتراح حل معقد متشابك حين يكون هناك حل أبسط منه، قادر على تفسير الوقائع بنفس الكفاية. ولو فعلنا غير ذلك لكنا في بعدنا عن المنطق السليم أشبه بمن يسافر شرقاً حول الكرة الأرضية لكي يصل إلى بيت صديقه المجاور له من ناحية الغرب. ويطلق أحياناً على القاعدة التي تقضي بالاكتفاء بالأفكار البسيطة، اسم "سكين (أو موسى) أوكام **Occam's Razor**"، وهو اسم واضعها، وليام الأوكامي، الذي كان فيلسوفاً عاش في القرن الرابع عشر. والواقع أن هذه القاعدة أشبه بالموسى حقاً، إذ إننا نقطع بها الزوائد والحواشي غير

اللازمة، ونحتفظ بأفكارنا العلمية موضوعية دقيقة. غير أن من الممكن، كما سنرى فيما بعد، أن تكون هذه الموسى سلاحاً خطراً، وقد نستخدمها، إذا لم نتوخ الحرص التام، في قطع رقابنا نحن.

والمثال الكلاسيكي لنظرية مفرطة في التعقيد، استعيض عنها بنظرية أبسط منها، هو ذلك الذي يتعلق بالأفكار التي سادت بشأن النظام الشمسي. ففي العصور القديمة كان يعتقد أن الأرض هي مركز الكون، وأن الشمس والقمر والكواكب والنجوم تدور حول الأرض. وكان يعتقد أن الأرض مسطحة، وأنها أشبه بالجزيرة. أما النجوم فهي مصابيح معلقة من أفلاك هائلة تدور حول الأرض الثابتة. والواقع أن الفكرة القائلة إن الأرض مركز الكون هي فكرة طبيعية، ما دمنا في كل يوم نرى الشمس تبزغ في الشرق، وتصعد عبر السماء، ثم تغيب في الغرب. كما أن هذا الكون المتمركز حول الأرض يتمشى تماماً مع إحساس الإنسان بأهميته الخاصة.

على أن فكرة تمركز الكون حول الأرض أصبحت شديدة التعقيد عندما كانت تبذل محاولات لحساب ورسم مدارات الكواكب وللتنبؤ بمواقعها في أي وقت محدد. ومع ذلك فقد حلت هذه الصعوبات، ووضع بطليموس، وهو فلكي يوناني عاش في حوالي القرن الثاني، نظاماً يصف مدارات القمر والشمس والكواكب المعروفة حول الأرض. في هذا النظام وصف القمر والشمس بأنهما يسيران في مدارات دائرية، أما الكواكب فكان لابد لمداراتها أن تكون معقدة. وأفضل طريقة لوصف

مدارات الكواكب هي تشبيهها بسلك لولبي ممتد حول الأرض. فعلى الرغم من أن المدار كان دائرياً، فإن الكواكب تسير في حركة لولبية حول مسارها المركزي. والواقع أن الحسابات المتضمنة في صياغة نظام بطليموس واستخدامه كانت شديدة التعقيد، وإن المرء لتتملكه الدهشة حقاً للدقة التي كانت تستخدم بها هذه الحسابات.

وبعد انقضاء العصور الوسطى، كان لكشف العالم الجديد والملاحة حول الأرض دور كبير في توسيع آفاق للفكر البشري. فقد أدى قبول الفكرة القائلة إن الأرض كرية كالكواكب، إلى تمهيد الطريق لتصور جديد للكون. وفي عام ١٥٤٣ أذاع نيكولاس كوبرنيكزس الفكرة القائلة إن الشمس هي مركز المجموعة الشمسية، وإن الأرض تدور حول الشمس، بوصفها واحداً من كواكبها. أما المسارات اللولبية للكواكب فقد استعيض عنها بمسارات دائرية أبسط. كذلك قدم كوبرنيكوس للحركة الظاهرية للنجوم تعليلاً أبسط وأقرب إلى الطابع المباشر مما أتاحه النظام البطليموسي القديم.

ولقد كان النظام الكوبرنيكي للمجموعة الشمسية أبسط وأكثر تناسقاً بكثير من المفهوم القديم. ومع ذلك فقد أثيرت اعتراضات عديدة على الفكرة الجديدة، وأتت بعض هذه الاعتراضات من الجهات الدينية الرسمية، التي رأت أن الفكرة الجديد القائلة إن الأرض تدور حول الشمس تتعارض مع الكتاب المقدس. وهناك اعتراضات أخرى كانت تثير

أسئلة مثل: "إذا كانت الأرض تلف، فلم لم تقذفنا بعيداً!" ولسنا بحاجة إلى الدخول في تفاصيل هذه المعارك، إذ إن ما يهمنا هو تركيب العلم، لا تاريخه. غير أن هذه المعارك تروي لنا قصة هامة، إذ إننا نجد هنا فكرة مضادة للاعتقاد السائد ولما يقبله الذهن العادي. ففي التجارب اليومية للناس جميعاً تدور الشمس حول الأرض، مثلما تدور النجوم والقمر. كما يبدو أن القول بأن الأرض مسطحة وساكنة هو الذي يتفق مع المعقول، لأنها لو كانت تتحرك لأحسسنا حركتها هذه.

على أن علماء الفلك قد قبلوا فكرة تمركز المجموعة الشمسية حول الشمس لأنها تجعل عملهم أبسط. وفضلا عن ذلك، فقد كان هذا النظام أقرب إلى المنطق، وأكثر تناسقاً بكثير، من كل ما يؤدي إليه النظام القديم المتمركز حول الأرض. وهكذا اتبعت نظرية كوبرنيكوس آخر الأمر، وعفا الزمان على نظام بطليموس الشمسي. ولقد حدثت كل هذه التغيرات —أعني استدارة الأرض، ومركزية الشمس بالنسبة إلى الكواكب— قبل فجر العلم الحديث بأكثر من قرن من الزمان: ولعل هذا أقدم مثال لفكرة لم يؤخذ بها إلا لأنها أبسط من النظرية التي حلت محلها.

واليوم نجد في أواسط القرن العشرين أناساً ما زالوا غير مؤمنين بأن الأرض دائرية أو بأنها متحركة. فهناك مثلا فئة من الناس تعتقد أن الأرض مسطحة، كأسطوانة الجراموفون، وأن القطب الشمالي في مركزها. هؤلاء الناس يعتقدون أن "السفر حول العالم" هو رحلة ترسم فيها دائرة على

قرص مسطح. وتتألف أطراف الأرض من جبال ضخمة من الثلج تعرف باسم القطب المضاد **Antarctic** ولا شك أن هؤلاء الناس يجدون من الصعب تعليل الملاحة التي تسير في دائرة كاملة، وكذلك تعليل "تفاهات" جغرافية مثل القطب الجنوبي.

وتعد أبسط الأفكار أفضلها لأنها تعطينا إحساساً بأنها تمضي مباشرة إلى لب المشكلة. على أن مسألة الوصول إلى نظرية مقبولة تنطوي على أكثر من مجرد الاتفاق مع الملاحظة والبساطة. فمن الملاحظ أولا أنه ليس من المألوف على الإطلاق أن تكون النظرية الرئيسية متفقة مع كل جزء بسيط من المعلومات التي لدينا عن الموضوعات. ذلك لأن الملاحظات قد لا تكون دائماً دقيقة أو موضوعة في الصيغة الصحيحة، وذلك نظراً إلى وجود عيوب في الأساليب المطبقة، أو نقص في المعرفة الموجودة. فالنظريات لا يمكن أن تكون كاملة، وهي قد تقتضي تغييرات، بل إن تقدمنا في المعرفة قد يؤدي بنا إل أن نلقي بها عرض الحائط.

على أن مسألة البساطة ليست في ذاتها بسيطة بالمعنى الدقيق: فما هو أبسط تفسير لمجموعة من النتائج العلمية؟ أن الأبسط ينبغي أن يكون هو الأقرب إلى الفهم وإلى الطابع المباشر. على أن معظم الناس يظنون أن أبسط صورة للمجموعة الشمسية، وأقربها إلى الفهم، هي الصورة القديمة التي تتخذ من الأرض مركزاً. أما عالم الفلك وعالم الفيزياء الفلكية فيريان أن النظام الذي يتخذ من الشمس مركزاً هو الأبسط، لأن التعبير عنه من وجهة

النظر الرياضية أبسط، فضلاً عن أنه يمتاز بأنه يتيح لنا استخداماً استنباطياً أفضل. والواقع أن نوع البساطة المطلوب في أية نظرية، يرتبط إلى حد بعيد بفائدتها من حيث هي مفهوم قابل للتطبيق، وأداة للقيام بأبحاث أخرى، ولا علاقة له بمدى سهولة تصورنا أو فهمنا لها في حياتنا اليومية.

إن النظريات التي تنطوي على أفكار تبدو ضرورية منطقياً من وجهة نظرنا المعتادة، تتميز بجاذبية خاصة. ومع ذلك فقد تنطوي هذه النظريات على بعض الخطورة من وجهة النظر العلمية. ومن الأمثلة الواضحة لذلك، "نظرية الأثير"، التي وضعها علماء الفيزياء في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر واعترفوا بها. وعلى الرغم من عدم وجود شواهد تجريبية مباشرة تؤيدها، فقد بدت ضرورية منطقياً. أما في القرن العشرين فقد رفضت رفضاً باتاً. فلننظر إذن باختصار في نظرية الأثير هذه.

هناك قوى فيزيائية تتخذ شكل الموجات. فالصوت مثلا هو على صورة موجات في الهواء. ومن الممكن بسهولة قياس تردد هذه الموجات وكثافتها وسرعتها. أما الموجة ذاتها فهي مجرد اضطراب ينتشر من جزئ إلى آخر. وتنتشر الموجات من المصدر، ويحملها الهواء. فإذا وضع جسم يصدر صوتاً كالجرس مثلا، في فراغ، فلا يمكن أن يصدر عنه صوت، والسبب في ذلك هو أنه لا توجد في الفراغ جزيئات هوائية تضطرب. فلابد إذن أن يكون للموجة وسيط معين يحملها. وللضوء أيضاً خصائص الموجات، وكذلك الحال في القوى الكهرومغنطيسية. ومع ذلك

فإن الضوء أو المغنطيس لو وضع في فراغ لظل يعمل. فإن لم تكن الموجات الضوئية والمغنطيسية تحتاج إلى الهواء حاملاً لها، فلابد من أن يكون هناك حامل آخر. ولما كان ذلك الحامل موجوداً حتى في الفراغ، فلابد أن يكون مختلفاً عن الجزئيات العادية، بل قد يكون صفة من صفات المكان ذاته.وهكذا أطلق على هذه المادة الغريبة التي لا يمكن أن تنفصل عن المكان اسم "الأثير".

وقد كان سبب الأخذ بمفهوم الأثير بوصفه مادة المكان هو أنه بدا ضرورة منطقية ووسيلة بسيطة لتفسير بعض خصائص الضوء والمغنطيسية. ولكن تقدم الفيزياء والحاجة إلى تفسير ملاحظات متزايدة، أدى إلى جعل نظرية الأثير أعقد وأصعب استخداماً. فقد اضطر العلماء إلى أن ينسبوا إلى تلك المادة الرقيقة المسماة بالأثير شتى الصفات الفيزيائية المتباينة. فإذا كان المكان كله مملوءاً بالأثير، فلابد أن الأرض تتحرك من خلاله. وإذن فلابد أن يكون من الممكن إثبات وجود الأثير بقياس تأثيره في سرعة الضوء، وإذ ينبغي أن يكون له تأثير مبطئ أو معطل على الأشعة الضوئية الموجهة في زوايا متعامدة على حركة الأرض. وقد أجريت تجارب عظيمة الدقة والإحكام للتحقق من هذه المسألة، فلم يتضح وجود مثل هذا التأثير المعطل: وكان ذلك أمراً يصعب تفسيره، ولكن نظرية النسبية أثبتت فيما بعد أن سرعة الضوء لا تتأثر بحركة الأرض أو بأي شيء آخر. وهكذا لم يعد من الممكن البرهنة على وجود الأثير أو قياس آثاره. وكان معنى ذلك، من وجهة

النظرية العلمية، أن نظرية الأثير لم يعد لها معنى، ولذلك استبعدت. وهكذا فإن النظرية التي كانت في وقت ما فكرة تبسيطية، وضرورة منطقية، قد أصبحت عبئاً ثقيلاً ومتاعاً مستهلكاً ينبغي التخلص منه.

والحق أن المرء يجد لزاماً عليه، عندما يحاول أن يحدد ما الذي يجعل النظرية الواحدة مقبولة والأخرى مرفوضة، أن يصدر بعض الحكام التقويمية. فمن الواضح كل الوضوح، أولا، أنه لن تكون لكل الملاحظات أهمية متساوية بالنسبة إلى الموضوع الذي نحن بصدده. وهكذا يتعين على العالم أن يقرر أي الوقائع هي أكثرها ارتباطاً بالموضوع. مثل هذا القرار هو حكم تقويمي، ومن الممكن أن يكون رأياً شخصياً، ما لم يبت في المسألة تجريبياً. ولما كان العالم مجرد بشر، فإنه لا يستطيع أن يكون موضوعياً تماماً في تفسيراته، إذ لابد له، بوصفه عضواً في مجتمع، أن يكون مؤمناً ببعض المعتقدات الفلسفية والدينية والسياسية. وهذا يؤدي به إلى معارضة النظرية العلمية التي يشعر بأنها تتنافي مع هذه المتقدمات على نحو ما، ذلك لأن من اليسير على المرء أن يغير آراءه في الموضوع الذي لا يهمه شخصياً. أما إذا كان قد التزم بالفعل التزاما فكرياً أو سلوكياً أو أيديولوجياً، فإن الأمر يغدو أصعب بكثير. ولقد كانت هذه الصعوبة هي علة المعارضة التي قوبلت لها نظرية دارون في التطور. على أن هذا النوع من المعارضة، أو حتى من التأييد، لا شأن له بالمزايا العلمية للنظرية، وإنما هو ناشئ عن تأثير النظرية في المعتقدات الشخصية.

ومع ذلك فإن مثل هذه العوامل الشخصية لها دور في التفسيرات التي تأتي بها لأية مجموعة من المشاهدات، مهما حاولنا أن نكون علميين.

وينبغي على النظرية العلمية ألا تغلق الباب في وجه المزيد من البحث في الموضوع. فليس هناك نظرية يمكن أن توصف بأنها الكلمة الأخيرة التي لا ترد. ومن الواجب ألا تعمل أية نظرية على نقل المشكلة إلى مجال لا يقبل الاختبار والتحقيق، ولقد كانت مشكلة أصل الحياة على الأرض من أقدم المشكلات في علم البيولوجيا. وقد اقترح لحلها عدد من الأفكار، من بينها نظرية تقول إن الحياة أتت إلى هذا الكوكب منقولة على شهاب من كوكب أو نجم آخر.

وقد أطلق على هذه النظرية اسم "نظرية جرثومة الحياة"، إذ أنها تقول بأن الأشكال الدنيا للحياة، كالبكتيريا، ربما وصلت في الأصل إلى الأرض من الفضاء الخارجي، ثم أدى وصولها هنا إلى بدء عملية التطور العضوي بأسرها. ولكن هذه الفكرة العجيبة لا يمكن في الواقع أن تسمي نظرية، إذ لا يوجد دليل يؤيدها، وما هي إلا فرض. وهي ليست فرضاً يستحيل تحقيقه تجريبياً فحسب، بل إنها تتصف أيضاً بصفة غريبة، هي أنها تنقل المشكلة بأسرها إلى كوكب آخر. ونظراً إلى أنها ليست مقيدة ولا قابلة للتحقيق، فإنها لم تجد لها مكاناً في العلم.

على أن الفكرة القائلة إن الحياة قد أتت إلى الأرض من الفضاء

الخارجي ليست فكرة مستحيلة- فمن الجائز أن هذا ما حدث بالفعل. وكل ما في الأمر أنها لم تكن فرضاً مفيداً من الناحية العلمية لأن أحداً لم يتمكن من اختبارها. ولكن تقدم صناعة الصواريخ والأقمار الصناعية قد جعل السفر في الفضاء أمراً محققاً في المستقبل القريب. وهذا معناه أنه سيكون من الممكن أن نقرر إن كانت الحياة توجد في كواكب أخرى، وإن كان من الممكن أن نجد في الفضاء أية فئات من المادة الحية. وعندئذ ستصبح نظرية "جرثومة الحياة" فرضاً قابلا للتحقيق إلى حد محدود. ونقول إنها ستكون قابلة للتحقيق إلى حد محدود لسببين: أولهما هو أننا لو فرضنا أننا لم نجد حياة متناثرة في الفضاء، فإن هذا لا يثبت أن ذلك لم يحدث، كل ما يثبته هو أنه قد يكون حادثاً غير مألوف، وثانياً، فلو فرضنا أننا صادفنا من آن لآخر بعضاً من هذه "الجراثيم" في الفضاء، فإن هذا الكشف لا ينفي أنه كان من الممكن ظهور الحياة مستقلة هنا على سطح الأرض. وهكذا فإن من المستحيل أن نبت في هذه المسألة على نحو قاطع سواء أكانت النتيجة إيجابية أم سلبية. وبذلك تظل نظرية جرثومة الحياة غير مستكملة الشروط من الوجهة العلمية، ويظل لزاماً عليها أن تنتظر شاباً لامعاً من علماء بيولوجيا الفضاء في المستقبل، يبتكر طريقة أفضل لاختبارها. والواقع أن علماء قليلين هم الذين يعتقدون أن الأرض هي الكوكب الوحيد الذي يشتمل على حياة في الكون الفسيح الأرجاء بأكمله. ويكاد يكون من المؤكد أن الكائنات الحية قد ظهرت في مكان آخر، على كواكب أخرى في مجموعات شمسية أخرى.

إن مركبات الفضاء والأقمار الصناعية ستثبت أن الإنسان قد استطاع أخيراً أن يقهر الجاذبية، تلك القوة الجبارة التي تقيد أرجلنا بالأرض وتستهلك أجسامنا. والواقع أن الأفكار التي كان العلماء يؤمنون بها حول الجاذبية تكشف لنا عن صفة أخرى من صفات النظريات العلمية. فمنذ أربعمائة عام، كان سقوط حجر على الأرض يفسر على أساس يعد اليوم مفرطاً في السذاجة، إذ كان يعتقد أن كل شيء يبحث عن مستقره الطبيعي الذي قدر له منذ أول الزمان. فالحجر في الهواء لا يكون في مكانه الطبيعي، لأن مكانه هو الأرض. وهكذا يسعى الحجر إلى العودة إلى مقره الطبيعي في نظام الأشياء، فيعود إلى الأرض بأسرع ما يمكن. أما الدخان فكان المكان الطبيعي الذي يعزي إليه هو السماء. لذلك فإن الدخان يرتفع، بدلا من أن يهبط إلى الأرض، لأنه بدوره يبحث عن مستقره الطبيعي. ولا شك أن هذه الطريقة في تفسير الحوادث الطبيعية، كالأشياء التي تسقط، تبدو لنا اليوم ساذجة. وهي بالفعل غير علمية لسببين: أولهما أنها لا تقبل التجريب. فكيف نستطيع إجراء تجارب لكي نعرف المزيد عن المستقر الطبيعي للأشياء؟ إن هذه الفكرة تأكيد جازم يقطع الطريق على أي توسع في المعرفة. والعيب الثاني لهذه الفكرة القديمة هو أنها تنطوي على تشبيه بالإنسان. فهل من المعقول أن تبحث الصخرة عن مستقرها؟ وكيف نعرف ما تبحث عنه الصخرة؟ إن القول بأن الشيء يبحث عن حالة معينة يساوي القول بأنه يستهدف غاية ما. فلدينا من تجربتنا الشخصية فكرة عن البحث والسعي، ولكن هذه الفكرة ذاتية

خالصة. أي أن تجربة البحث والسعي لا تأتينا إلا من داخل أنفسنا. فإذا قلنا إن أي شيء أو أي حيوان يبحث أو يسعى لكنا بذلك نضفي عليه صفات بشرية. وليس إضفاء تجاربنا الشخصية على الأشياء الأخرى سوى تشبيه بالإنسان. والحق أن من واجبنا ألا نخلع شخصياتنا الخاصة على الأشياء كما لو كانت صفات مشاهدة، إذ إن هذه الطريقة في التفكير تنطوي على مسلمات لا يمكن اختبارها. ومما يعيب التشبيه بالإنسان أيضاً، إلى جانب كونه غير قابل للتحقيق، أنه تعقيد لا داعي له، فهو بذلك يخالف قاعدة الحرص على أن تكون نظرياتنا بسيطة بقدر الإمكان.

على أنه أمكن، بعد بحوث إسحق نيوتن في القرن السابع عشر، إيجاد تفسير أعمق لسقوط الحجر على الأرض. فالنص الحرفي لقانون الجاذبية العامة عند نيوتن هو: كل جزئ من المادة في الكون يجذب كل جزئ آخر بقوة تتناسب طردياً مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسياً مع مربع المسافة بينهما. وبالاختصار، فكلما كبر حجم الشيئين وازداد اقترابهما، زادت قوة الجاذبية بينهما. ففي حالة الحجر الذي يسقط على الأرض، نجد أن الأرض قطعة هائلة من المادة، فلابد أن تكون لها جاذبية قوية على كل ما يكون شديد القرب منها. ولما كانت الأرض ضخمة جداً، فإن فيها قدراً كبيراً من القصور الذاتي. ومن هنا فإن شيئاً صغيراً كالحجر ينجذب إليها، بدلا من أن تتحرك الأرض إليه على نحو ملحوظ. ولقد أثبت قانون الجاذبية عند نيوتن أنه فكرة عظيمة الأهمية والفائدة. فالصيغة

التي عبر بها نيوتن عنه تسمح بإجراء تطبيقات رياضية، إذ إن من الممكن قياس هذه القوى والكتل والمسافات. والفكرة كلها يمكن اختبارها تجريبياً. ونتائجها يمكن التنبؤ بها بالاستنباط، ثم اختبارها بالاستقراء. وهو يمتاز، بوصفه قانوناً علمياً، بأنه متناسق، بسيط، مفيد. ومن المهم أن نلاحظ أن التفسير الذي تقدمه نظرية النسبية الحديثة للجاذبية هو أدق وأبسط حتى من تفسير نيوتن، من حيث إنه لا يقتضي استخدام فكرة الجذب. على أن نظرية النسبية لا تبطل قانون نيوتن، وإنما هي تتجاوزه كثيراً فحسب.

ولقد تكرر كثيراً، خلال مناقشتنا هذه للأفكار والنظريات، استخدام لفظي "الاتفاق **Agreement**" و"الاتساق": فالنظرية ينبغي أن تتفق مع الوقائع، أي أن تكون متسقة معها: فما المقصود بهذا؟ وكيف يمكننا أن نبين إن كانت الفكرة متفقة مع مجموعة من الوقائع أم لا؟ إن هذه المسألة في الواقع، تكون جزءاً من مشكلة معقدة، هي مشكلة البحث عن الطريقة التي نفكر بها: غير أن أبسط طريقة لبحثها هي أن نعالجها من زاوية التنبؤ. فالفكرة تكون من الوجهة العلمية متفقة مع الوقائع إن كان في إمكاننا استخدام هذه الفكرة في التنبؤ بما سيحدث في ظروف معينة.

فلنفرض أن لدينا ميزانا زنبركياً تام الدقة، وكذلك موازين مقدار كل منها أوقية، وهي بدورها تامة الدقة. والشيء الوحيد الذي لا نعرفه عن هذا الميزان هو ما تعنيه الأرقام المكتوبة على وجهه الخارجي. فهل هي أرقام

تدل على أوقيات، أم على أرطال، أم على جرامات، أم ماذا؟ لابد لنا من إجراء بعض التجارب ووضع "نظرية" عن الطريقة التي رقم على أساسها الميزان، وهكذا نبدأ بوضع وزن مقداره أوقية على الميزان، فيتحرك المؤشر ثم يستقر مشيراً إلى الرقم ١، عندئذ نعتقد على الفور أن الميزان مرقم بحيث يدل على عدد الأوقيات. فإن كانت هذه الفكرة تتفق مع الطريقة الفعلية لترقيم الميزان، فإننا نستطيع أن نتنبأ بأننا لو وضعنا وزنا آخر مقداره أوقية، فإن المؤشر سيتحرك إلى الرقم ٢. والآن، نضيف هذا الوزن الثاني، فيتحرك المؤشر إلى الرقم ٢. حسناً جداً: إن النتائج التي حصلنا عليها تؤيد أو تؤكد النظرية القائلة إن الميزان مرقم بحيث يدل على عدد الأوقيات.

وعندما نضيف وزن الأوقية الثالث، نفعل ذلك ونحن نتوقع أن يشير المؤشر إلى الرقم ٣. ولكنه لا يفعل ذلك، وإنما يتوقف في حوالي منتصف المسافة بين ٢ و٣. وهنا تكون الفكرة القائلة إن ترقيم الميزان يدل على أوقيات، غير متفقة مع الملاحظات التي قمنا بها. فلم يعد في وسعنا أن نتنبأ بالعدد الذي سيدل عليه الميزان إذا أضفنا إليه أوزاناً أخرى، فنضف إذن وزناً آخر، ونرى ما سيحدث. هنا سنجد أن المؤشر يشير إلى الرقم ٣ بالضبط، فهناك أربعة أوزان كل منها يبلغ أوقية على الميزان، والمؤشر يدل على الرقم ٣. وإذن فمن الواضح أن الميزان لم يرقم بحيث يدل ببساطة على عدد الأوقيات التي توزن. ولكن على أي نحو هو مرقم؟

لابد لنا من فكرة جديدة، تكون متفقة مع مشاهداتنا، وتتيح لنا أيضاً أن نتنبأ بدقة بالرقم الذي سيشير إليه المؤشر إذا أضفنا أوزاناً أخرى.

وفجأة تخطر بذهننا فكرة. ألا يجوز أن يكون الميزان مرقماً حسب متوالية هندسية، بحيث إن كل عدد يدل على ضعف قيمة الأوقيات التي يدل عليها العدد السابق؟ في هذه الحالة يؤدي الوزن الواحد إلى أن يشير المؤشر إلى الرقم ١. ولما كانت الأوقيتان ضعف هذا الوزن، فإن المؤشر يدل في هذه الحالة على الرقم ٢. ولما كان ضعف الأوقيتين أربع أوقيات، فلابد أن يشير المؤشر عندما توضع على الميزان أربع أوقيات إلى الرقم ٣. وهكذا أصبحت لدينا الآن نظرية جديدة، تتفق مع كل مشاهداتنا. وعلى أساس هذه النظرية الجديدة، نظرية "المتوالية الهندسية"، سوف نتنبأ بأنه لو وضعت ثمانية أوزان كل منها أوقية، لتحرك الميزان إلى الرقم ٤. وعندما نحاول ذلك، نجد أن هذا ما يحدث فعلا. وهكذا تتسق نظريتنا مع الوقائع الملاحظة، ومعها كلها. وهي قد أتاحت لنا التنبؤ بدقة. وقد يكون هذا ميزاناً شاذاً، ولكنا نستطيع أن نستخدمه لأن لدينا فهماً نظرياً له.

أما في حالة الميزان الزنبركي الفعلي، أو أي جهاز آخر لا يؤدي عمله كما هو متوقع، فإننا نشك أولا في أن الجهاز لا يؤدي عمله على الوجه الأكمل. ونحن لا نطرح النظرية جانباً لمجرد كون الجهاز لا يؤدي عمله بالطريقة الصحيحة. ومع ذلك فمن الضروري أن نفترض دائماً أن الطبيعة تؤدي عملها بأكمل نظام ممكن. فعندما لا تعود نظرياتنا ملائمة

لملاحظاتنا، يتعين علينا تغيير النظريات. وقد تبدو القاعدة القائلة إن الطبيعة لا تخطئ أبداً، وأن الظواهر تحدث تماماً كما يفترض لها أن تحدث– قد تبدو هذه القاعدة بديهية. لكنها سواء أكانت بديهية أم لا، فإن الناس يطلبون من الطبيعة أحيانا أن تطابق أفكارهم الضيقة.

فمنذ بضع سنوات،كان مهندس طيران يود أن يكشف سر الطريقة التي تطير بها النحلة الطنانة **Bumblebee**. ذلك لأن للنحلة الطنانة أجنحة صغيرة إلى حد ما، أما جسمها فكبير ممتلئ. فقام هذا المهندس بقياس أجنحة النحلة وحجم جسمها ووزنه. وحسب مقاومة الهواء، ومساحة الجناح، الخ. وعندما انتهى من كل حساباته، كانت النتيجة التي توصل إليها هي أن النحلة الطنانة لم تخلق بطريقة تجعلها للطيران. فلابد من وجهة نظر ديناميكا الطيران ألا تكون قادرة على الارتفاع عن الأرض. وبالغت الصحف في القصة فكتبت توضح كيف أن "العلم" قد أثبت أن النحلة الطنانة لا يمكنها الطيران. غير أن النحلة الطنانة الصغيرة الأمية ظلت تطير. والواقع أن أية دراسة علمية للطريقة التي تطير بها النحلة الطنانة ينبغي أن تبدأ بهذه الواقعة المشاهدة، وهي أنها تطير بالفعل. فإذا كانت هناك مجموعة من الحسابات لا تتفق مع هذه الواقعة، كانت الحسابات هي المخطئة. ولا شك في أن ميدان ديناميكا الطيران قد تقدم إلى حد أصبح معه طيران النحلة الطنانة الآن ممكناً من الوجهة النظرية.

إن النظرية العلمية ينبغي أن تكون بسيطة بقدر الإمكان، وأن تكون

من الممكن اختبارها تجريبياً، وأن تكون متسقة مع كل الوقائع المشاهدة المتعلقة بالموضوع. وهذه شروط صارمة لا يمكن أن تتخلف. فلا مكان هنا للتفكير المتساهل والفلسفات المدللة. والواقع أن بعضاً من أقرب المفاهيم إلى قلوبنا لا يجد له مكاناً في تلك الموضوعية الجافة التي يتميز بها مسار العلم. فأية طريقة في النظر إلى الحياة وإلى الكون يختص بها الإنسان تعد طريقة تشبهيه بالإنسان؛ بل إن هذا هو عين تعريف التشبيه بالإنسان. وإذا وجد أي مفهوم لا يمكن قياسه موضوعياً، أو اتخاذه موضوعا لملاحظة محايدة، فإن هذا المفهوم لا يمكن أن يحظى باعتراف العلم.

إن الجمال، والتراجيديا، والأخلاق، والغاية، والقيمة، والخلود، ما هي إلا قليل من المفاهيم التي لا تندرج ضمن إطار العلم. ولما كانت لهذه المفاهيم أهميتها العظمى في تفكير الإنسان وحياته، فإن المرء قد يشعر باضطراب حقيقي إذا وجد أنها بعيدة عن مجال العلم. ذلك لأن تحمس العالم للمعرفة البسيطة القابلة للتحقيق هو الذي أدى به إلى أن ينزع الدهن الزائد عن جسم العلم. وقد يرتاب المرء في أن حرصه على استبعاد الدهن قد أدى به إلى نزع اللحم بدوره، بحيث لم يترك إلا هيكلاً عظيماً. ولكن ربما كانت دراسة الهيكل العظمى بإمعان هي التي تتيح لنا أن نبدأ دراسة اللحم.

إن إرجاع المعرفة إلى أبسط أشكالها وأكثرها موضوعية هو أمر لا مفر منه من أجل ضمان فعاليتها وجدواها. خذ مثلا مسألة الوعي. فتجربتنا الحقيقية للوعي هي تجربتنا لحالاتنا الشخصية الخاصة التي نكون فيها

واعين. ونحن نفهم الوعي، في دخليلة أنفسنا، على أنه حالة من الشعور المستمر الذي لا يتوقف مطلقاً على القدرة على الاستجابة الظاهرية. ونحن على أتم استعداد للتسليم بأن الناس الآخرين واعون بدورهم. غير أن هذا ليس في حقيقته إلا تسليماً فحسب، إذ إننا لا نستطيع أن نلاحظ الوعي في أي شخص ما عدا أنفسنا. وإنه ليبدو لي أن افتراض أنك تحس بشعور مماثل أساساً لوعي الخاص هو افتراض مأمون. وبالمثل قد يكون المرء على استعداد لافتراض أن بعض الحيوانات، كالقرود والكلاب والقطط والخيول، واعية بدورها. ولكنا عندما نعزو إلى الحيوانات وعياً إنما نطأ أرضاً أكثر خطورة، ذلك لأن سلوك الحيوان يمكن أن يلاحظ وأن تجرى عليه التجارب، غير أن السلوك ليس بالضرورة مقياساً للوعي. وهكذا ندرك بوضوح أننا عندما نفترض في الحيوان وعياً، فنحن نتجاوز بذلك ما يمكن التحقق منه، ونضيف مسلمة غير ضرورية، ونصبغ نظرياتنا بعنصر فيه تشبيه بالإنسان. وإلى جانب هذه الأسباب جميعاً، يوجد سبب عملي يتعلق بالوضع الذي نستطيع أن نضع فيه الحد الفاصل، فإذا قلنا إن لدى الكلب وعياً، فهل نقول أيضاً إن للمحار وعياً، ونظل نسير هكذا حتى نهبط إلى أحد أفراد البكتيريا؟ إن الوعي مهما كانت حقيقته بالنسبة إلى الفرد البشري، ليس من المفاهيم المفيدة في العلم، لعدم وجود أساليب نتمكن بها من معالجته.

والواقع أن نفس الأساليب التي تدفعنا إلى وصف الوعي بأنه فكرة

غير علمية، يمكن أن ينطبق على أفكار أخرى يختص بها الإنسان وحده كالجمال والأخلاق وما إلى ذلك. وسوف نعود في فصل تال إلى الكلام عن بعض هذه الأفكار، ولكن ينبغي أن نلاحظ هنا أن عدم ملاءمة أي تصور من وجهة النظر العلمية لا يعني أنه ضئيل الأهمية أو خلو من المعنى. فمثل هذه المفاهيم لا يمكن أن تكون جزءاً من العلم لأنه من المستحيل معالجتها علمياً. على أن إنكار صحة أية فكرة يقتضي أن تكون قد اختبرت وظهر نقصها. فالتولد التلقائي وراثة الصفات المكتسبة نظريتان أفندتا بالتجربة. أي أن هذه أفكار يمكن اختبارها، وتفنيدها. وإذن فالمفهوم الذي لا يمكن اختباره في مجال العلم، هو مفهوم لا يمكن تفنيده، ولا يمكن تأييده؛ وكل ما يمكن أن يفعله العلم إزاءه هو أن يتجاهله.

الفصل الخامس

سلسلة من الحوادث

"إذا استطعت أن تقيس ما تتحدث عنه وتعبر عنه بالأرقام، فأنت تعلم عنه شيئاً. وإذا لم تستطع أن تقيسه أو أن تعبر عنه بالأرقام، فإن معرفتك من نوع هزيل غير مرض، قد تكون هذه بداية معرفة، ولكنك لن تكون قد بلغت في تفكيرك مرحلة العلم". (اللورد كلفن)

هذه الكلمات التي قالها اللورد كلفن **Klevin**، العالم الإنجليزي المشهور في القرن الماضي، تمثل تعبيراً متزمتاً صارماً عن نوع الفهم الذي نتوصل إليه بالعلم. وهذه العبارة تعبر عن موقف الفيزياء في القرن التاسع عشر أصدق التعبير، بل إنها في عمومها ما زالت تصدق على العلم في أيامنا هذه. ومع ذلك فقد ساور الأذهان في القرن العشرين بعض الشك حول النظرة الآلية الدقيقة إلى العالم، التي كان العلم في القرن التاسع عشر يدافع عنها.

فما هو المقصود حقيقةً بالفكرة القائلة إن العلم ليس إلا قياساً؟ لا شك أن أي شخص يستطيع أن يدرك أن عالمنا ينطوي على ما هو أكثر من البوصات والأرطال وغيرها من المقاييس. ومن المؤكد أن العلاقة بين شيء وآخر يمكن أن تكون أكثر من علاقة مجموعة من المقاييس

بمجموعة أخرى منها. فمن المحال التعبير عن علاقة أم بطفلها من خلال المقاييس أو أي تعاقب بسيط للحوادث. ومع ذلك فالعلم يقتصر إلى حد بعيد على مثل هذه المقاييس. ولكي نفهم لم كان الأمر كذلك، ونعرف المقصود من القياس، فلابد لنا من أن نختبر فكرتنا الكاملة عن الواقع.

ولعل القارئ يذكر ما جاء في فصل سابق من أن من المسلمات التي ينبى عليها العلم، القول إن الطبيعة– أي العالم الذي نعيش فيه– قابلة للفهم. فإذا ما درسناها بنزاهة وصبر، فسوف نفهمها آخر الأمر. ولا يمكن أن يظهر لنا عالم الطبيعة على قدر من الغموض يستحيل معه التفكير فيه، ويستغلق تماماً على فهم الإنسان. كذلك أوضحنا في هذا الفصل نفسه أن من الوسائل التي تتيح لنا فهم تلك الكثرة الهائلة من الظواهر الماثلة أمامنا، أن نتصور الحادث الواحد على أنه ناتج عن حادث آخر. وتلك بالطبع هي فكرة وجود سلسلة للحوادث، أعني سلسلة علل ومعلولات. وفي هذا الفصل الخامس سنقوم بدراسة هذه الأفكار بمزيد من الدقة والإمعان.

إن الفلاسفة وغيرهم من الناس الذين يتريثون من آن لآخر ليفكروا في ألغاز الكون قد أدركوا منذ وقت طويل أن كل شخص يعيش في عالم خاص به، ومركز هذا العالم هو عقله الخاص. ويتحدد نوع العالم الذي يعيش فيه الشخص حسب تجربته ومزاجه وذكائه. فهذا العالم إذن عالم ذاتي وشخصي تماماً. ولا شك أن من أهم المشكلات التي تواجه

الفلسفة والعلم، مشكلة كيفية انطباق هذا العالم الذاتي على عالم آخر واقعي وموضوعي مستقل عن أي ذهن بشري.

إن الأشياء والحوادث التي تقع في العالم الخارجي تؤثر في أعضائنا الحسية (العين والأذن، الخ) ويتولى الذهن الذي يتلقى هذه الإشارات الحسية جمعها في نسيج واحد، هو الواقع المدرك أو المجرب. ولما كنا لا نستطيع الخروج عن أذهاننا، فإن حواسنا هي حلقة الاتصال الوحيدة بيننا وبين العالم الخارجي. فالعالم الذي تراه، والذي يعيش فيه كل منا، ليست له إلا حقيقة ذاتية أو باطنة، ونقوم نحن بترجمة هذه الحقيقة الذاتية إلى ما نعتقد أنه هو الشكل "الحقيقي" للعالم الخارجي.

ولا جدال في أنه توجد أشياء وحوادث مستقلة عن الذهن البشري، غير أننا لا نستطيع أن نعرفها إلا بقدر ما نستطيع إدراكها. بل إن وجودها في داخل تجربتنا إنما هو ذاته إدراكنا لها. فإذا حدث لشخص كان أعمى منذ طفولته، أن استعاد إبصاره فجأة نتيجة لصدمة أو عملية جراحية، فإنه لا يستطيع في البداية أن يتعرف على الأشخاص أو الأشياء أو الأشكال. بل إن ما يدركه بعينيه اللتين لم تؤديا وظيفتهما إلا حديثاً إنما هو خليط مضطرب من الإشارات الحية. فعليه أن يتعلم كيف يدرك الأشياء، وعلى ذهنه أن يتعلم تكوين الصور، وصياغة عالم واقعي من خليط الإشارات الحسية التي تنصب على مخه. أما في حالة الشخص الذي كانت عيناه سليمتين منذ ولادته، فإن هذه العملية المتعلقة بتعليم تكوين عالم واقعي

تمتد على سنوات عديدة. وإنا لنجد الطفل الصغير أحياناً يصيح في صوت يائس إنه لا يستطيع العثور على "بيجامته"، بينما هي ملقاة أمامه على السرير. وحقيقة الأمر هي أنه لا يستطيع فعلاً أن يعثر عليها، إذ إنه لم يتعلم كيف يدركها. فذهنه لم يتعلم تفسير الإشارات التي ترسلها إليه عيناه، بحيث يتعرف على هذه الإشارات على أنها هي فعلاً "بيجامته".

وهناك عاملان يشتركان في تكوين صورة محكمة للعالم المحيط بنا، هما الإدراكات الحسية التي يتلقاها ذهننا من الخارج، ونشاط الذهن ذاته، الذي هو على ما يبدو غير حسي. ونستطيع أن نطلق على العامل الثاني اسم الحدس **Intution** أو الاستبصار **Insight** والواقع أن المعرفة الحدسية لا تقل حقيقتها بالنسبة إلينا عن المعرفة الحسية المباشرة. غير أن ما يعرفه شخص معين حسياً، قد يشك فيه شخص آخر، بل قد ينكره إنكاراً تاماً. وقد يناقش كل منهما الآخر ويحاول إقناعه أو مجادلته مدة طويلة وبكل حماسة وانفعال، ولكن دون أن يجد أية وسيلة لعبور الهوة التي تفصل بين عالميهما. وعندما يقول شخص ما "إنني أنا وفلان نرى هذه المسألة بنفس العينين"، فمعنى ذلك أن الشخصين قد اهتديا على الأقل إلى نقطة يتفق فيها عالماهما. والواقع أن الاختلاف بين الناس في النظر إلى الأمور إنما يرجع إلى نوع الواقع الذي يعرفونه. وقد يتطرفون في هذه الاختلافات، فنجد منهم المتفائلين والساخرين والمتعصبين والمتشائمين.

فما هو الواقع إذن؟ وما هو الواقعي في الكون الخارجي، أي في العالم الموضوعي؟ إن عالم تجربتنا يبدو واقعياً جداً، غير أننا نعلم أنه عالم من صنعنا نحن، تكون في ذهننا من الانطباعات التي يحدثها الكون الموضوعي. ولا شك أن لنا، بوصفنا أفراداً، الحق في أن نصف كل ما ندركه بأنه واقعي، إذ إن الواقعي بالنسبة إلينا لابد أن يكون هو ذاته إدراكنا له. وقد تبدو هذه المناقشة تجريدية محيرة إلى حد ما. ولكن مشكلة التمييز بين ما هو واقعي وما هو غير واقعي هي مشكلة تجريدية. ولقد كانت هذه المسألة موضوعاً لبحث مجموعة من أعظم الفلاسفة، ولكن اتضح أن تفرقتهم بين "الواقعي" وبين "غير الواقعي" هي تفرقة غير قاطعة على وجه العموم. فالحدود بين الواقع الموضوعي، أياً كان، وبين الواقع الشخصي الذاتي، ليست محددة المعالم على الإطلاق. ومرد ذلك إلى أننا مضطرون إلى التعامل مع عالم خارجي من خلال إحساس ذاتي باطن بالواقع. وهذا أمر لا مفر لنا منه.

إن العلم ضرب من المعرفة يمثل جهداً طويلاً متصلاً لتكوين مفهوم عن الواقع يمكن أن يرتبط بالعالم الخارجي في علاقة متسقة ناجحة. والعلم معرفة موضوعية، أي أنه– بقدر الإمكان– معرفة للعالم الخارج عن الذهن البشري. وهذا النوع من المعرفة هو محاولة لفهم عالم الطبيعة من أجل معرفة ما يحدث فيه من جهة، ومن أجل الاهتداء إلى وسائل أفضل للسيطرة على الطبيعة واستغلالها من جهة أخرى. وليس في وسع المعرفة

العلمية بطبيعة الحال أن تكون هي ذاتها العالم الخارجي، وإنما ينبغي أن تعطينا أساسا لواقع مدرك، يتسق مع العالم العيني الذي لا نستطيع معرفته، والذي هو مستقل عن ذهن الإنسان. والعلم محاولة لتكوين فهم للطبيعة لا يكون متوقفاً على الفرد، وإنما يمكن أن يشترك الناس جميعاً في الأخذ به، وهو إلى هذا الحد يمكن أن يكون موضوعياً. وعلى ذلك فالعلم أقل تعرضاً لما قد تتصف به الأذهان الفردية من تخبط وانحراف وقصور. ولا جدال في أنه مقيد بحدود أية نقائص قد تكون متأصلة في أذهان البشر جميعا. وإذن فتطور النظريات العلمية هو تطور للواقع، وهو تطور لأحد أوجه العقل الاجتماعي.

فما هو نوع المفهوم الذي يضعه العلم للواقع الموضوعي؟ إنه أبسط مفهوم ممكن. ووجهة نظر العلم في هذا هي أن أي شيء يمكننا قياسه، وأية ظاهرة يمكن إثبات وجود علاقات علة ومعلول بشأنها، لها حقيقة موضوعية. ومن جهة أخرى فإن أي شيء وأية قوة لا يمكن معالجتها بأساليب العلم ليست لها، من وجهة النظر الشكلية، أهمية موضوعية. ففي تجربتنا اليومية، وفي عملنا العلمي، لا يوجد ما يدعونا إلى افتراض وجود أشياء واقعية لا يمكننا إدراكها في العالم الخارجي. صحيح أنه قد تكون هناك أشياء كثيرة من هذا النوع، غير أن من العبث (ومن الخطر، من وجهة النظر العلمية) أن نفترض وجودها إلا إذا تمكنا من إدراكها. ومن المحال أن تدرك هذه الأشياء، بطريق مباشر أو غير مباشر، إلا إذا أمكننا أن نردها

إلى نوع من الإدراك الحسي، أو ما يسمى بالمعطيات الحسية.

والحق أن العلم حافل بأمثلة شتى لأشياء نعدها الآن واقعية جداً، وإن لم تكن منذ سنوات تخطر ببالنا. فمنذ سبعين عاما، أنتجت موجات الراديو لأول مرة في معمل. وكان عالم فيزيائي اسكتلندي لامع، هو جيمس كليرك ماكسويل Maxwell James Clerk، قد تنبأ استنباطياً بوجود مثل هذه الموجات الكهرومغناطيسية قبل ذلك بسنوات. وإنا لنعلم جميعاً مدى فائدة موجات الراديو لنا، ولكن كان يشيع الاعتقاد في وقت ما بأنها ليست إلا قوة من صنع الإنسان. ومن المعروف الآن أن كميات كبيرة من موجات الراديو تصل إلى الأرض من الفضاء الخارجي. وقد أدى كشف موجات الراديو المنطلقة إلينا من الفضاء إلى ظهور علم الفلك الإشعاعي Radio- astronomy، وهو إضافة هامة إلى أقدم علم لدى الإنسان. وهكذا ازداد الواقع الذي ندركه اكتمالاً. وهناك كشوف علمية عديدة أخرى وسعت آفاق تفكيرنا في العالم الواقعي الموضوعي. فالأشعة دون الحمراء، والأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية، والفيتامينات، والفوتونات، وكثير غيرها، كلها أمور أصبحت داخلة في نطاق تجربتنا بفضل تقدم العلم.

فإذا شاء العلم أن يكون موضوعياً، فلابد له أن يرتكز على أقل قدر ممكن من التفسير الشخص، وأن يقوم على أساس يمكن أن يتفق عليه الجميع. وهذا يؤدي بنا مرة أخرى إلى عبارة اللورد كلفن التي اقتبسناها عند

بداية هذا الفصل. فالقياسات الدقيقة تبعاً لمقياس يفهمه الجميع، تؤدي إلى استبعاد شخصية القائم بالملاحظة، وتتيح أساساً لقدر من الموضوعية. فإذا كان هذا صحيحا، كان العلم نوعاً محدوداً من المعرفة. وهذا التحدد ينشأ من الشروط الدقيقة الصارمة التي يفرضها المنهج العلمي.

ولنضرب مثلا بسيطاً مستمداً من مجال خارج عن نطاق اهتمام العلم، يوضح أهمية استبعاد التفسير الشخصي، ويكشف عن عنصر المأساة في هذا الاستبعاد. فلنتصور جماعة من الناس تستمع إلى سيمفونية سيزار فرانك **Cesar Franck** من مقام ري الصغير. وفي الوقت الذي تسري فيه الأنغام الرائعة في الغرفة، يسمع كل فرد في الجماعة قطعة موسيقية مختلفة إلى حد ما. صحيح أن ما يسمع في كل حالة يسمى بسيمفونية فرانك، غير أن نوع الواقع الذي تمثله الموسيقى يتوقف على أشياء كثيرة. فالاستماع إليها هو تجربة انفعالية مثيرة بالنسبة إلى من لديه بعض القدرة على تذوق الموسيقى الكلاسيكية. أما بالنسبة إلى الموسيقار الذي درس مؤلفات فرانك بالتفصيل، فإن القطعة هي مسألة أسلوب فني وتعبير ذاتي، فضلا عما فيها من جمال. وأما من لا يحب الموسيقى الكلاسيكية، فلن يرى فيها إلا ضجيجاً معقداً. فالاستماع عنده واجب ثقيل، لا متعة. وإذن فللسيمفونية عند كل فرد في الجماعة جمال مختلف، ومعنى مختلف، وهي تكون ظاهرة ذاتية مختلفة. على أن هذه الفروق لا صلة لها بالسيمفونية كما وضعها وكتبها سيزار فرانك، وإنما هي

تتعلق بأمزجة الأفراد المستمعين وأذواقهم وتعليمهم وتجاربهم.

وإذن فليس هناك أساس يمكن أن يتفق عليه كل المستمعين بشأن جمال السيمفونية ومعناها. فهذه نواح ذاتية، تختلف اختلافاً كبيراً من فرد إلى آخر. غير أن من الممكن أن تصل جماعة المستمعين إلى تفاهم مشترك حول النواحي التي هي أكثر موضوعية في السيمفونية. فإذا ما تركوا مفهومي الجمال والمعنى جانباً، بوصفهما غير مرتبطين بالمشكلة المطلوب بحثها، ففي وسعهم الوصول إلى اتفاق حول تركيب السيمفونية. فهم يستطيعون الاتفاق بسهولة حول مقاييس الحركات، وعدد الأنغام، وتردد الأصوات، وأنماط الإيقاع، وما إلى ذلك. ولا يمكن الوصول إلى اتفاق إلا بالقيام بقياسات لقالب القطعة وأبعادها، على أساس مقياس يتفق عليه الجميع.

وهكذا حلت محل السيمفونية بوصفها إبداعاً موسيقياً جميلاً، مجموعة من القياسات التي تصف تشريح الموسيقى وميكانيكيتها. أي أن القياسات جردت من الإبداع الموسيقي وأصبحت تكون مفهوماً موضوعياً لواقع السيمفونية. ولكننا حققنا بذلك شيئاً هاماً: هو إيجاد أساس لتفاهم مشترك. ويعد ذلك تقدماً في الفهم البشري، بشرط ألا ننسى السيمفونية الأصلية وندعي أنها أقل أهمية بكثير من القياسات التي أجريناها.

وعلى الرغم من أن العلم لا شأن له بالسيمفونيات، ففي وسعنا أن نطبق هذا التشبيه على كل ما ندرسه. فالعالم، في دراسته لعالم الطبيعة،

يتولى القيام بقياسات للشكل، والتاريخ، وأوجه النشاط، والعلاقات، والعمليات. والقياسات هي كميات تجرد من الأشياء والحوادث التي ندرسها، وهي تتخذ أساساً لمعرفة مفيدة قابلة للفهم. فلكي يكون لدينا واقع موضوعي قابل للمعرفة، يمكن أن يتفق عليه الناس جميعاً، فلابد لنا من إرجاع العواصف الرعدية وأوراق الأزهار والصخور والنجوم إلى مجموعات من الأقيسة. أي أن الحقيقة العلمية هي حقيقة من العلاقات الكمية، وهي عالم من قراءات المؤشرات على أدوات قياسية، كما قال ذات مرة السير آرثر إدنجتن **Arthur Eddington**، العالم الفيزيائي الإنجليزي.

ومن الملاحظ أن من الممكن القيام بقياس كمي لبعض الأشياء التي نعتقد في العادة أنها كيفية، وبذلك نضعها في إطار العلم. فكيفيات اللون والصوت والصلابة والشكل والكثافة وكثير غيرها، هي بعض الصفات التي يمكن قياسها مثلما يمكن قياس صفات الثقل والحجم والزمن. فلنفرض أن لدينا حوالي خمسين زجاجة صغيرة، كل منها يحتوي على مزيج مختلف من صبغة حمراء وزرقاء، وأننا طلبنا إلى عدد من الناس أن يرتبوا كل الزجاجات في صف، بحيث يكون أكثر الزجاجات حمرة على اليمين، وأكثرها زرقة في أقصى اليسار، وتكون الألوان المتوسطة موضوعة في الترتيب الصحيح بين هذين الطرفين. عندئذ سنجد على الأرجح بعض الاختلاف بين الأشخاص الذين يحاولون ترتيب الزجاجات. ومرد هذا الافتقار إلى الاتفاق الكامل، هو الفروق الطفيفة في دقة إبصارهم وفي

أفكارهم عن صفتي الحمرة والزرقة. ولكن في وسع الفني المدرب، باستخدام أداة لقياس الضوء تسمى جهاز قياس الضوء الطيفي Spectro-photometer، أن يرتب الزجاجات ترتيباً صحيحاً، سريعاً، لا خطأ فيه. ففي استطاعته، بمتابعة قراءات المؤشر في جهازه، أن يحدد الترتيب الصحيح للزجاجات، بل إن يحسب أيضاً كميات الصبغة الحمراء والصبغة الزرقاء في كل زجاجة. كذلك فإنه يستطيع أن ينبئنا ببعض صفات التركيب الكيميائي لكل صبغة. ولن يكون هذا الفني مضطراً إلى رؤية اللون بنفسه، بل إنه قد يكون مصابا بعمى تام للألوان. ولكن هذا لن يؤثر في القياسات، إذ إن صفتي الحمرة والزرقة قد استعيض عنهما بمجموعة من قراءات المؤشر على آلة. ومع هذه القراءات يمكننا أن نتعامل كمياً ورياضياً، أما مع الألوان فلا.

ولنضرب مثلاً آخر. هناك شهاب يبرق عبر سماء الخريف الداكنة، ويظل أثره الناري باقياً لحظة، ثم يخفت ويختفي. ولقد كان هذا المنظر السريع شيئاً رائعاً بحق، ولكنه لم يتضمن شيئاً يمكن قياسه وإرجاعه إلى سلسلة من حوادث العلة والمعلول. فهناك قطعة من المادة تجري في الفضاء بسرعة ألوف الأميال في الساعة، انحرفت عن طريقها بفعل مجال الجاذبية الأرضية. وحين دخلت الطبقات الجوية العليا، أدت الاصطدامات الدائمة مع بلايين الجزيئات من الغاز إلى زيادة النشاط الجزئي على طبقاتها السطحية. وزاد هذا التأثير الحراري بسرعة، حتى

انطلقت الطاقة على صورة ضوء. وحين استمرت هذه العملية، احترق الشهاب عن آخره وتبددت مادته في الجو. وعن طريق التحليل الطيفي للضوء الناتج، يمكن تحديد العناصر الكيميائية التي يشتمل عليها الشهاب. كما يمكن تحديد الحجم التقريبي للشهاب وسرعته واتجاهه من مسار الضوء. ومن الممكن إرجاع هذا السلوك القصير الأمد للشهاب إلى سلسلة من حوادث العلة والمعلول. ومن الممكن قياس كل من هذه الحوادث وحساب علاقاتها الرياضية. كذلك فإننا نعلم أنه لو هبط إلى غلافنا الجوي أي شهاب آخر، فسوف تقع نفس السلسلة من الحوادث. وإذن فنحن نفهم الشهاب، من وجهة النظر العلمية، لأن سلوكه قد أرجع إلى سلسلة من الحوادث التي يمكن قياسها والتنبؤ بها.

ومن أمثلة الوحدات التي يقاس بها الكون، البوصة، والرطل، والجرام، والداين[١] **Dyne** والإرج[٢] **Erg** والأوم[٣] **Ohm** والثانية، وكثير غيرها. هذه الوحدات محددة بدقة تبعاً لمعايير اتفق عليها على مر السنين. فالداين في معمل في بومباي هو بعينه نفس وحدة القياس المستخدمة في معمل في دبلن. والداين هو تلك القوة التي تؤدي إلى عجلة مقدارها سنتيمتر في الثانية كل ثانية في جرام واحد من المادة. وبفضل هذه المقاييس وحدها يستطيع العلم أن يظل موضوعياً وذا نطاق

---

(١) وحدة قياس القوة. (المترجم)

(٢) وحدة قياس الشغل أو الطاقة. (المترجم)

(٣) حدة قياس المقاومة والكهربائية. (المترجم)

عالمي. ومن الواضح أنه لو كان كل عالم أو جماعة من العلماء، يضعون معايير مستقلة، لدبت الفوضى في العلم ولضاق نطاقه إلى أبعد حد.

والواقع أن نجاح العلم في كشف عمليات العالم الطبيعي قد بلغ من الضخامة حداً جعل من الممكن أن يتراكم بناء هائل من المعرفة الكمية منذ القرن السابع عشر. أما منذ عام ١٩٠٠ فكان التقدم مذهلاً بحق. وقد كان من أهم أسباب هذا النجاح العظيم، أن نتائج الأبحاث الكمية يسهل تبادلها. فمن الممكن عزل الظاهرة الطبيعية وقياسها. ومن الممكن تحليلها إلى عناصر متعددة، ووصف العلاقات بين الأجزاء وصفاً كميا. كما أن من الممكن وضع جداول نتائج الملاحظات والتجارب، وتحليلها. وعن طريق صفحات المجلات العلمية، يمكن نقل النتائج والتفسيرات إلى الآخرين. ويستطيع العلماء الآخرون أن يكرروا التجارب ويوسعوها، لكي يدعموا النتائج الأصلية أو يدحضوها، ويواصلوا العمل أبعد منها.

إن العلم معرفة بالعمليات التي تحدث في العالم الخارجي الموضوعي. ونحن لا نستطيع أن نعرف العالم الخارج عن أذهاننا إلا بطريقة غير مباشرة. وبهذه الصفة يكون كل علم معرفة غير مباشرة. والنظريات والمفاهيم العلمية هي محاولات لتكوين أفكار ناجحة عملياً عن العالم، بحيث تتيح لنا هذه الأفكار فهمه والسيطرة عليه. وبنمو العلم وازدياد دقة أفكارنا، يزداد فهمنا للعالم إحكاماً. ولابد أن يكون ما نعرفه عن العالم الحقيقي قريباً مما هو عليه بالفعل، مثلما يطابق القفاز اليد.

ولكن ينبغي أن نتذكر على الدوام أن القفاز ليس هو اليد. فمهما نجحنا في جعل القفاز مطابقاً، فإنه لا يمكن إلا أن يكون شكلاً تقريبياً لليد.

لقد كان العالم كما عرفه العلم الفيزيائي في القرن التاسع عشر عالماً منظماً متناسقاً. فقد عمل كثير من الفيزيائيين على تطوير قوانين الفيزياء كما وضعها إسحق نيوتن، وعلى اختبارها والتوسع فيها. وقد تبين أن هذه القوانين ملائمة تماماً لتفسير كل أوجه الكون المادي تقريباً. ولم يكتشف أي شيء يلقى أي ظل من الشك على الصلاحية المطلقة لمبدأ العلية. وبدا الكون كأنه آلة عملاقة دفعتها إلى الحركة قوة مجهولة في وقت غير معلوم من الماضي. وكان تاريخ الكون ومستقبله محددين على نحو ثابت منذ البداية. كذلك لم تعد المادة التي تصنع منها الأشياء شديدة الغموض: فقد نظر إلى المادة على أنها تتألف من ذرات، وإلى الذرات على أنها كرات صلبة لا تنقسم– هي الوحدات النهائية لعالم الواقع. وتتألف العناصر الكيميائية المختلفة من ذرات تختلف أحجامها، وبالتالي أوزانها. فالهيدروجين مركب من أصغر الذرات، على حين أن عنصراً كالرصاص يتألف من ذرات أكبر وأثقل. والزمان والمكان والمادة والطاقة، كلها كيانات مستقلة تتشابك سويا من أجل تكوين العالم. ولقد كانت هناك بعض الصعوبة في إدماج خصائص الضوء والقوى الكهرومغناطيسية في المفهوم الكوني، ومع ذلك كان يعتقد أن من الممكن تذليل هذه الصعوبة بافتراض أن الفضاء الكوني يمتلئ بمادة غير ملموسة اسمها الأثير.

ولم يكن علم البيولوجيا قد بلغ درجة التطور التي بلغتها الفيزياء، ولكن ساد الاعتقاد بأن الكائن العضوي الحي يمكن أن يعد آلة بدوره: فالجسم المادي للكائن العضوي ينبغي أن يكون مؤلفاً من ذرات، شأنه شأن أي شيء آخر. ولما كان هذا أمراً بادي الوضوح، فلابد أن تكون نفس مفاهيم الزمان والمكان والطاقة والمادة قابلة للانطباق على الحي مثلما تنطبق على غير الحي. ولما كان كل شيء يحدث قابلاً لأن يرد إلى سلسلة حوادث يمكن قياسها، ترتبط فيما بينها على أساس علاقة العلية، فإن النباتات والحيوانات ينبغي أن تدرج ضمن فئة "كل شيء" هذه. وقد انهمك علماء البيولوجيا في بحث مشكلات التطور، مستخدمين نظرية تشارلس دارون الحديثة العهد. فقد كان التطور بالانتقاء الطبيعي فكرة تتمشى إلى حد رائع وكامل مع النظرة إلى الكون على أنه آلي متحدد عليا. وبطبيعة الحال لم تكن هناك معلومات كثيرة معروفة عن الوراثة، فأدى هذا الجهل إلى صعوبة إدراك الطريقة التي يتم بها الانتقاء الطبيعي بالفعل. وكان راهب نمساوي مجهول اسمه "جريجور مندل **Gregor Mendel**" قد اكتشف القوانين الأساسية لعلم الوراثة، ونشر كشوفه في عام ١٨٦٦، غير أن نتائجه كانت مجهولة، "وأعيد اكتشافها" في عام ١٩٠٠.

ولقد اتسم الجزء الأخير من القرن التاسع عشر بالغرور. ففي التكنولوجيا، وفي العلم، كان هناك شعور متزايد بأن الإنسان قد تقدم إلى الحد الذي يحتاج إليه، وبأن النهاية قد باتت وشيكة الوقوع، أو يمكن

التنبؤ بها على الأقل. وقد استقال موظف كبير في مكتب تسجيل براءات الاختراع بالولايات المتحدة، لاعتقاده بأنه لن تكون هناك براءات اختراع مقبلة، إذ إن كل شيء "قد اخترع وسجل كما ينبغي". وكان لدى علماء الفيزياء ما يعتقدون أنه نظرية علمية كاملة إلى حد كبير عن الكون. وأعلن اللورد كلفن، العالم الفيزيائي المشهور، أنه لا يستطيع أن يقبل أية فكرة على أنها علمية ما لم يكن يستطيع تخيل أو تركيب أنموذج لها. وعلى الرغم من أن إكمال التفاصيل المفيدة اللازمة قد يستغرق سنوات متعددة، فإن كل المعرفة العلمية الأساسية قد اكتملت، ولم تعد المسألة الآن سوى مسألة ترتيب الحانوت قبل إغلاق أبوابه.

ولكن حدث قبل انتهاء القرن التاسع عشر مباشرة، أن اكتشفت جسيمات أصغر بكثير من ذرات الهيدروجين. وقد اتضح وجود هذه الجسيمات الدقيقة عن طريق إمرار تيار كهربائي من خلال أنبوبة زجاجية مفرغة. وتبين أن هذه الجسيمات يبلغ حجمها أقل من واحد من ألف من حجم ذرات الهيدروجين، وأنها مشحونة بالكهرباء، ولذا سميت بالإلكترونات. وكانت الخاصية التي يتميز بها الإلكترون والتي جعلت له مركزاً فريداً في العلم، هي أنه لا يعدو أن يكون شحنة كهربائية. فهو يسلك كالمادة بمعناها الكلاسيكي، من حيث أن له كتلة وقصوراً ذاتياً، غير أن كتلته كانت ترجع كلها إلى شحنته الكهربائية. فبدون الشحنة لا تكون له كتلة ولا قوام. كانت هذه هي الطلقة الأولى في ثورة العلم الفيزيائي في القرن العشرين.

فلماذا كان الإلكتروني ثوريا إلى هذا الحد؟ ذلك لأنه كان أول دليل يؤدي إلى الفكرة القائلة إن المادة والطاقة معا في أساسها شيء واحد. فها هنا قطعة من المادة تسلك مسلك المادة والطاقة معا، ولا ينطبق عليها مفهوم الذرات بوصفها أشبه "بالبليات" الصغيرة الصلبة. وإذن فلابد من طريقة مختلفة للتفكير في المادة والطاقة، وبذلك أصبح الطريق ممهداً لتكوين فهم جديد للمشكلات القديمة. ولا شك في أن مفاهيمنا الحالية عن المادة والطاقة لم تنتقل فجأة إلى حيز الوجود بعد كشف الإلكترون مباشرة. ذلك لأن العلم لا يتقدم بمثل هذه الطريقة المباغتة. وإنما كان لابد أن يعمل أناس كثيرون أولا، ثم تستطلع بعض الآفاق الجديدة للفكر، ويتم التوسع فيها. وكما يقول المثل الصيني القديم، فإن الرحلة التي يبلغ طولها مائة ميل تبدأ بخطوة واحدة فحسب. ولقد كان الإلكترون هو الخطوة الأولى في رحلة كانت كفيلة بتغيير معالم العلم وإعادة تشكيل العالم المعروف.

ومن الصحيح تماماً أن كشف الإلكترون لم يحدث في مبدأ الأمر تغييراً كبيراً في الأفكار العلمية المتعلقة بتركيب المادة. فالإلكترون لم يكن إلا جسيماً من الكهرباء، وكان لابد من إدماجه في العلم دون إخلال بنظام الأفكار الراسخة في الأذهان إلا في أضيق الحدود. ولما كان من المعروف أن الذرات بأسرها لا تحمل شحنة كهربائية، فلابد من معادلة الشحنة السالبة للإلكترون بشحنة موجبة في بقية الذرة. وقد أثبتت السير آرثر

رذرفورد **Arthur Rutherford** أن الجزء الأكبر من الذرة فراغ. فأدت هذه الكشوف إلى الفكرة القائلة إن الذرة أشبه بمجموعة شمسية صغيرة، تدور فيه الإلكترونات سالبة الشحنة، كأنها كواكب تسير في أفلاكها، حول نواة كبيرة موجبة الشحنة. وهكذا كان من الممكن تخيل تركيب الذرة، وتشييد أنموذج لها.

وقد دلت الأقيسة والحسابات على أنه لا توجد بالفعل إلا "مادة" قليلة جداً في الذرة. فإذا أمكن ضغط الفراغ الواقع بين الذرات التي يشتمل عليها جسم آدمي، والموجود في داخل كل ذرة منها، بحيث تصبح كل الجسيمات متلاصقة، كان الشخص الذي شاء حظه العاثر أن ينضغط على هذا النحو صغيراً إلى حد لا يكاد يعود من الممكن معه رؤيته. وإذن فلم تعد المادة الجامدة، أو "البليات" الصلبة التي عرفها القرن التاسع عشر ملائمة للصورة الحديثة كل الملائمة، بل أصبح من الصعب الاحتفاظ بمفهوم المادة الجامدة هذا. ولسنا نود أن نتبع تطور الفيزياء الذرية الحديثة، ولكن يكفينا أن نقول إننا نعرف الآن أن نواة الذرة تتألف بدورها من جسيمات لا تتميز عن كميات من الطاقة. كما أننا نعلم أن الجسم البشري الذي اقترحنا أن ينضغط إلى حد لا يكاد يصبح معه مرئياً، لابد أن ينفجر كالقنبلة لو حدث مثل هذا الانضغاط.

إن في استطاعتنا تكوين صورة ذهنية عن الذرة على أنها تتألف من نواة أو جسم مركزي، يدور حوله إلكترون واحد أو أكثر في مدارات. وقد

يبدو هذا الأنموذج مقبولاً بما فيه الكافية، حتى وإن كان من المتعين علينا أن نتخلى عن الفكرة القائلة إن الجسيمات الأكبر حجماً، التي تكون النواة المركزية، وكذلك الإلكترونات الأصغر حجما، هي مادة صلبة بالمعنى الذي تكون به الصخرة أو البلورة صلبة الملمس والمنظر. والعيب الوحيد لهذه الطريقة في تخيل ما يمكن أن تكون عليه المادة، هو أنها ليست هي الطريقة التي تؤدي الغرض. فقد أثبتت التجارب التي أجريت على الإلكترونات والأشعة والفوتونات وغيرها من النماذج الدقيقة الأصغر من الذرة، أنها تلك كالموجات مثلما تسلك كالجسيمات المستقلة.

إننا لو ألقينا حصاة في بركة من الماء، لانتقلت موجات أو دوائر من الماء عبر السطح من حيث سقطت الحصاة. هذه الموجات هي نوع من الاختلال الذي ينتشر ويتبدد ببطء. كذلك تعد الموجات الصوتية اختلالاً كهذا، فيما عدا أن الهواء، لا الماء، هو الذي يحملها. ولقد كان من المعروف منذ وقت طويل أن للضوء صفات نموذجية. ولكن نظراً إلى أننا لا نستطيع تصور الموجات بدون نوع من الحامل لها، فقد ظل السؤال عن الطريقة التي ينتقل بها الضوء خلال الفضاء الخالي يشكل معضلة مستعصية خلال فترة طويلة من الزمان. وكما رأينا من قبل، فقد استخدمت فكرة الأثير لإيجاد حل لهذه المشكلة. على أننا نعلم الآن أن الضوء يتخذ شكل وحدات أو جسيمات صغيرة تسمى بالفوتونات. والفوتونات جسيمات بمعنى يقارب المعنى الذي تكون به الإلكترونات جسيمات،

وهي تنتقل بطريقة شبه تموجية. كذلك فإن الإلكترونات في حركة دائمة، وهي تتخذ مساراً ذا شكل تموجي.

وعند هذه النقطة بعينها يتعين علينا أن نتخلى عن الصورة الذهنية التي كوناها عن الإلكترونات، وتصورناها فيها تتحرك في مدارات كالكواكب حول الشمس. ذلك لأن الإلكترون لا يسلك كجسيم، يتحرك بطريقة شبه تموجية، وإنما يسلك كجسيم وكذلك كموجة منتشرة. فالإلكترون في مدار ذري لا يمكن تحديد موقعه بوصفه جسيماً منفصلاً، وإنما يتعين علينا أن نتصوره كنوع من الاختلال شبه التموجي في مدار حول نواة ذرية. ومن الواجب أيضاً ألا نتصور هذه الأمواج من خلال عامل شبيه بالأثير. ذلك لأن الإلكترون قد يقفز من مداره إلى آخر، وهو حادث يقترن بإطلاق فوتون عندما يكون الانتقال إلى مدار أقرب إلى النواة. وأعجب مظاهر هذا المسلك هو أن الانتقال من مدار إلى آخر يبدو أنه يحدث فجأة، وأن الإلكترون لا يبدو أنه يعبر الفراغ الواقع بين المدارات. وبعبارة أخرى فإن انتقال الإلكترون إلى مدار مختلف هو انتقال فوري، ولا ينطوي على تحريك جسيم مادي في الفراغ. هذا هو نوع المفهوم الذي يبدو لازما لتعليل الخصائص الملاحظة للإلكترونات وغيرها من الكيانات دون الذرية التي تنتمي إلى هذه الفئة العامة. ولا يبدو أن من الممكن تكوين صور ذهنية لمثل هذه الذرة، بل إن المفهوم بأسره بعيد كل البعد عن المفهوم السائد في القرن التاسع عشر.

ولابد أن الأبحاث الخاصة بالموجات، والطاقة، والجسيمات، قد جعلتنا نتساءل عما إذا كانت الطبيعة قابلة في حقيقتها للفهم. ومن الواضح أن هذه الأمور غير قابلة للفهم بمعنى أنه ليس من السهل تخيلها، ولا يمكن الوصول إلى فهم لها إلا من خلال تعبير رياضي. ولقد أسفرت هذه الدراسات الفيزيائية المتقدمة عن نتيجة تدعو إلى الحيرة الشديدة، تعرف باسم "مبدأ اللايقين" **Principle of uncertainty**. هذا المبدأ يبدو أنه يلقى ظلاً من الشك على مفهوم العلة والمعلول. ومع ذلك فينبغي أن نكون حذرين أشد الحذر في تحديد الطريقة التي يؤثر بها هذا اللايقين في تفكيرنا عن سلاسل الحوادث المرتبطة علياً. وهذه مسألة على أكبر جانب من الأهمية، إذ أن العلم، كما أوضحنا من قبل، هو ضرب من المعرفة قائم على أسس منها افتراض أن العلية خاصية ضرورية للكون. فلنختبر إذن مبدأ اللايقين هذا بإيجاز.

إن ما يقوله المبدأ بالفعل هو أننا لا نستطيع أن نلاحظ ونقيس مجرى الحوادث الطبيعية دون أن نبعث فيها اختلالاً ما، وبذلك فإننا نتسبب في حدوث قدر قليل على الأقل من اللايقين بشأن ما يحدث في الطبيعة. مثل هذا الاختلال لا تكون له أهمية على المستوى العادي، الواسع النطاق، أما على مستوى الجسيمات الذرية فإنه يبدو ذا أهمية كبرى. وإذا كان في استطاعتنا، عن طريق زيادة دقة أجهزتنا في القياس، أن نقلل من اللايقين، فإننا لا نستطيع أبداً أن نتخلص منه تماماً. فهناك قدر

من اللايقين لا يمكن تجنبه. فلنفرض أننا أردنا تحديد موقع رصاصة بندقية وسرعتها بعد خروجها من ماسورة البندقية بجزء من الثانية. مثل هذا التحديد هو مشكلة فنية لا تنطوي على صعوبات يستحيل التغلب عليها. وكل ما يلزمنا هو آلة تصوير شديدة السرعة، وأجهزة دقيقة لقياس الوقت. فمن الممكن أخذ سلسلة من الصور بعد وقت محدد من إطلاق البندقية. وعن طريق معرفة موقع آلة التصوير، والفترة الزمنية الواقعة بين الصور المتعاقبة للرصاصة، يمكن تقدير موقع الرصاصة وسرعتها بدرجة لا بأس بها من الدقة. ومن هذه المعطيات، يمكن حساب المسار الكامل الذي اتبعته الرصاصة منذ لحظة خروجها من الماسورة حتى سقوطها على الأرض بدقة كاملة. ولن يبدو عندئذ بطبيعة الحال أن ملاحظاتنا قد أحدثت أي اختلال في الرصاصة، كما لن يبدو من المرجح أن ملاحظاتنا قد أدخلت أي نوع من اللايقين على موقع الرصاصة أو سرعتها أو مسارها. ولا شك أنه كان علينا أن نومض بعض الأنوار عليها من أجل التقاط بعض الصور لها وهي تمرق أمام آلة التصوير. ولكن بالنظر إلى أن حجم الجسيمات الضوئية متناه في الصغر بالقياس إلى حجم الرصاصة، ففي استطاعتنا أن نفترض، ونحن شبه واثقين، أن قذف الرصاصة بالضوء لم يكن له تأثير قابل للقياس في مسلك الرصاصة.

على أن الإلكترونيات تختلف عن رصاص البنادق. فلو شئنا تحديد سرعة الإلكترون وموقعه بنفس الطريقة، لواجهتنا بعض الصعوبات التي

يستحيل التغلب عليها. فالإلكترون الذي يطلق من نوع البندقية الإلكترونية، لا يمكن كشفه إلا إذا اصطدم بجسم آخر. ولا جدال في أن هذا يصدق أيضاً على الرصاصة، وقد استخدمنا لهذا الغرض تياراً من الجسيمات الضوئية، غير أن الفوتون، وهو وحدة الضوء، جسيم أكبر نسبياً من أن يصطدم بإلكترون، ولو صدمنا الإلكترون بالضوء لانحرف الإلكترون من مساره الأصلي إلى اتجاه غير معلوم، مما يؤدي إلى إعطائه سرعة جديدة. وإذن فالاصطدام بجسيمة ضوئية قد يحدد لنا موقع الإلكترون في لحظة واحدة فحسب، غير أنه لا يعطينا معلومات عن سرعة الإلكترون. وهناك وسائل أخرى يمكن ابتداعها لقياس سرعته، ولكنها لا تعرفنا بموقعه بدقة. ونظراً إلى أنه لا يوجد سبيل إلى قياس السرعة والموقع في نفس الإلكترون بدون أن تحدث تغييراً في واحد منها، فإننا لا نستطيع التنبؤ بموقعه أو بسرعته في أي وقت في المستقبل. وأغرب ما في هذا اللايقين هو أنه يشكل صعوبة ستعوق كل بحث في المستقبل: فهو ليس مجرد عقبة فنية يمكن تذليلها بأسلوب فني جديد. وإذن فهناك قدر دائم من اللايقين تنطوي عليه أية محاولة لتتبع مجرى الحوادث الطبيعية.

وقد لا يكون من الممكن على الإطلاق إيضاح الطريقة التي يمكن أن يؤثر بها مقدار اللايقين، الذي هو أمر لا مفر منه في الجسيمات الصغيرة جداً، فيما لدينا من أفكار عن العلية. ذلك لأن وصف سلسلة من الحوادث بأنها سلسلة من العلل والمعلولات، يستلزم أن يكون في

استطاعتنا ملاحظة هذه السلسلة من الحوادث على الدوام من البداية إلى النهاية. وهذا يتيح لنا أن نصف ما تكون عليه الأحوال في أية لحظة زمنية معينة. ففي حالة قياس مسار رصاصة البندقية، تكون الملاحظة المستمرة ممكنة من الوجهة النظرية على الأقل. ذلك لأن الرصاصة حادث يمكن تتبعه دون إحداث اختلال ملموس في مجراه. أما في حالة الإلكترون، فإن الملاحظة المستمرة مستحيلة، لأن مسلكه يتغير بفعل نفس الوسائل التي يتعين علينا استخدامها لملاحظته. فإذا اكتشفنا جسماً في النقطة (أ) في لحظة ما، وفي النقطة (ب) في اللحظة التالية، فليست لدينا وسيلة لمعرفة ما إذا كنا قد لاحظنا جسيما واحداً أو اثنين، بل إنه لمن الأفضل من بعض الأوجه ألا نتعرض لمسألة الاستمرار أصلا، وإنما نكتفي بالنظر إلى كل جسيم نلاحظه على أنه حادث منفصل منعزل.

ولكن أيحق لنا أن ننكر وجود علاقة العلية على المستوى الذري لمجرد أننا لا نستطيع قياسها؟ كلا، فمن الجائز جداً أن الطبيعة تسير دائماً وفقاً للعلية، وأنه لا شيء يحدث اتفاقاً أو دون علة سابقة. على أن الصحة المطلقة لمبدأ العلية قد قضي عليها من وجهة النظر العلمية، لأننا بلغنا نقطة لا يمكن فيها اختبار هذا المفهوم. وكل فكرة لا يمكن اختبارها لابد أن تستعبد من مجال العلم، إذ إنها تتحول إلى مسألة فلسفية خالصة. وليس معنى ذلك أن من الواجب التخلي عن فكرة العلية بأسرها، فما زالت لهذه الفكرة فائدتها الكبرى، وما زالت تقوم بدور هام في

الملاحظات والفروض والتجارب والاستنتاجات التي نقوم بها في معظم فروع العلم. وعلى أية حال فإن انهيار مبدأ العلية عند تطبيقه على الوحدات النهائية للمادة– الطاقة يفيد في أنه يكشف لنا عن إمكان وجود سبل أخرى للفهم، وعوالم أخرى لا تخطر ببالنا في حدود علمنا الحالي. فما نلاحظه وما نقيسه، وما نظن أننا نعرفه عن العالم الواقعي الموضوعي، يتوقف إلى حد بعيد على طريقة سيرنا في قياسه، وقد لا يكون إلا تقريباً هزيلاً لما هو موجود بالفعل.

ولقد أخذنا على عاتقنا، في بداية هذا الفصل، أن نحدد نوع العالم الذي يصفه العلم، وكان الهدف هو رسم صورة لواقع علمي موضوعي. وقد ظهر بوضوح، منذ البداية، أن فكرة الواقع بأسرها إنما تحمل طابعاً شخصياً خداعاً، وأن المعرفة التي تقترب من الواقع، حتى من بعيد، ينبغي أن تكون على صورة نوع من القياس. وأدق الأقيسة وأسهلها تداولاً هي الأقيسة الرياضية. فأكثر الأقيسة معنى، من وجهة نظر التفسير العلمي، هي وصف العلاقات العلية، يعبر عنه بلغة الرياضيات. فعندما يكون من الممكن وصف سلسلة من الحوادث من خلال علاقة العلية، وعندما نعرف عن الموضوع ما يكفي للتنبؤ بدقة بمجرى الحوادث في الظروف المختلفة، فعندئذ نقول إن لدينا فهما علمياً لها.

ولقد اتضح لنا أن افتراض إمكان تفسير كل شيء وكل ظاهرة بوصفها نتيجة لأسباب يمكن قياسها، هو افتراض مفرط في سذاجته.

فعلى مستوى الجسيمات الصغرى للواقع الفيزيائي، نجد أنفسنا عاجزين عن اقتفاء أثر السبب والنتيجة. وهناك افتراض آخر ساذج كان يؤلف جزءاً من العلم، هو أن الواقع الموضوعي لا يتألف إلا من الجسيمات الصغرى للمادة- الطاقة، ومن المكان والزمان الذي تحدث فيه، وكانت الفكرة الشائعة هي أن الأشياء التي نراها ونتعرف عليها في حياتنا اليومية لابد أن تدين بصفاتها المادية لخواص ومسلك الجسيمات المادية التي تتألف هذه الأشياء منها. ولا شك أن هذه فكرة مادية بالمعنى الدقيق، غير أن العلم هو معرفة العالم مادي. ولكن الواقع أننا إذا كنا نتوقع أن نتمكن من تفسير عالمنا الواقعي بأسره على أساس خواص ومسلك مكونات تجمع بين صفات الجسيمات وصفات الحوادث، كالإلكترونيات، فإن إخفاقنا أمر يكاد يكون محققاً.

إن كل موضوع، وكل حادث يمكن أن يلاحظ ويقاس، له، من الوجهة العلمية، نوع من الوجود الموضوعي. فهو واقعة من وقائع الطبيعة، وينبغي قبوله على أنه واقع فعلي. وهو على أية حال المادة الخام للبحث العلمي. وإن نوع المعرفة الذي نكتسبه منه، ونوع الحقيقة الذي نعزوه إليه، ليتوقف إلى حد بعيد على طريقتنا في دراسته. وهو يتوقف على نوع القياس الذي نستخدمه في قياسه وملاحظته. فإذا شئنا أن ندرس عملية التمثيل الضوئي **Photosynthesis**، فمن واجبنا أن نبحث على مستوى جزيئي وذري، لأن هذا هو المستوى الذي يحدث فيه التمثيل الضوئي.

عندئذ نقوم بقياس الطريقة التي تستخدم بها النباتات طاقة الضوء من أجل جمع جزيئات ثاني أكسيد مع الماء لإنتاج السكر. وفي هذه الحالة تكون الأسئلة التي نوجهها متعلقة بنقل الطاقة، ومسلك الذات، والتمثيل الجزيئي. كذلك ينبغي أن يكون مقياس الملاحظة الذي نستخدمه مقياسا يضفي معنى وحقيقة على الذرات والجزيئات والإلكترونات وكميات الفعل **Action Quanta**.

أما إذا درسنا مشكلة معقدة، كالسلوك الحيواني، فمن العسير تحديد مقياس أو مستوى الملاحظة الذي يكون هو أنسب المقاييس جميعا. فلنفرض مثلا أننا أردنا أن نعرف كيف تستطيع الفراشة أن تطير في لهب شمعة. هذه مشكلة نستطيع أن ندرسها دراسة إجمالية، ثم ننتقل إلى التفاصيل المتزايدة عن طريق تغيير وجهة نظرنا أو مقياس ملاحظتنا. ففي وسعنا أن نبين أولا أن مثل هذا السلوك يحدث بالفعل، وذلك بأن نطلق إحدى الفراشات في غرفة مظلمة كلها فيما عدا ضوء واحد خافت. وسنجد أن الحشرة تطير إلى الضوء، فنعلم عندئذ أن هذا السلوك يحدث بالفعل. فهذه إذن هي الواقعة الفعلية التي تكون نقطة بداية البحث. صحيح أننا لا نعلم حتى الآن كيف تحدث، أو لماذا تحدث، ولكننا نعلم يقينا أنها تحدث. وبعد ذلك نستطيع أن نتوسع قليلاً في معرفتنا عن هذا السلوك، بتكرار ملاحظاتنا الأولى، ولكن مع مراعاة أن نستخدم في محاولاتنا المختلفة أضواء من أطوال موجبة مختلفة (أي ما نعده نحن

ألواناً مختلفة). وبذلك نستطيع أن نكتشف نوع الضوء الذي هو أقدر على استثارة هذا السلوك. فإذا غطينا عيني الحشرة بطبقة رفيعة من الطلاء المعتم، فسنجد أنها لا تعود تطير نحو الضوء، وبذلك نعرف أن لعينيها دوراً في السلوك الذي ندرسه. وإلى الآن كنا ندرس المسألة على مستوى أو بمقياس إجمالي. ولكن لابد لنا، إذا شئنا تتبع سلسلة للحوادث أبعد من ذلك، أن ننتقل إلى الملاحظة بمقياس أدق، ونبدأ إجراء التجارب داخل الحشرة ذاتها.

فعن طريق إجراء عملية جراحية دقيقة نقطع فيها الأعصاب الواقعة بين عيني الفراشة ومخها، يمكننا أن نثبت أن الأعصاب والمخ لهما علاقة بهذا السلوك الخاص. وبعمليات مماثلة نستطيع أن نثبت أن الممرات العصبية من المخ إلى عضلات الأجنحة الكبيرة لها أيضاً علاقة به. هذه الملاحظات كانت على مستوى تشريحي للقياس. وفي استطاعتنا، باستخدام الأجهزة المناسبة، أن نبين أن للدفعات العصبية **Nerve Impulses** دوراً، وأن الدفعات العصبية ترتبط بتغييرات كهربية كيميائية في الخلايا العصبية. كما نستطيع أن نبين أن عضلات الأجنحة تنشط بفعل الدفعات العصبية. فالسلوك العضلي ينطوي على تقلصات، وهو حادث يقتضي طاقة. والطاقة اللازمة لجعل العضلات تعمل تستمد من أيض السكر (التمثيل الغذائي للسكر).

وهكذا فإن دراسة الفراشة التي تطير نحو الضوء قد أسفرت عن

وصف لسلسلة من حوادث العلة والمعلول، تتضمن الضوء والعينين والدفعات الكهربية الكيميائية للجهاز العصبي، والتقلصات العضلية وعمليات الأيض التي تولد الطاقة. وقد استخدمنا في وصف سلسلة الحوادث هذه عدة مقاييس أو مستويات للملاحظة، تباعدنا فيها تدريجياً عن المشكلة المحددة التي أخذنا على عاتقنا في البداية بحثها. وفي كل مستوى من المستويات لاحظنا وقسنا حوادث حقيقية دون شك. غير أن الانطباق المباشر لحقيقتها على مشكلة تعليل طيران الفراشة نحو الضوء يقل بالتدريج. ونحن لا نشك في صحة تنبؤنا بأن الفراشة لو تناولت سما يبطل عمليات الأيض التي تولد الطاقة في الفراشة، لأدى ذلك إلى توقف طيرانها نحو الضوء. ولكننا لا نستطيع التنبؤ في الاتجاه العكسي، إذ لا يوجد شيء في عمليات الأيض هذه يتيح لنا التنبؤ بأن الفراشة ستطير نحو الضوء. ولقد وصفنا هذا السلوك بأنه عملية آلية تقوم الحشرة بدور الحامل لها. وهذه العملية الآلية يمكن أن تدرس من عدة وجهات نظر مختلفة. غير أننا لا نستطيع أن نتنبأ، من التفاصيل النهائية للعملية الآلية ذاتها، بالسلوك الأصلي الملاحظ.

وقد يعترض عالم بيولوجي متخصص في السلوك على هذا الوصف لتعاقب العلل والمعلولات الذي ينطوي عليه طيران الفراشة، فيقول إن السلوك لا يبدأ بالعضلات، وإنما تتحدد أنماط السلوك من داخل الجهاز العصبي، وتتحدد خصائص سلوك الحيوان بالممرات العصبية، ومراكز

الارتباط، وما إليها. ومع ذلك، فأياً ما كانت سلسلة الحوادث التي تتبعها، فلابد أن نصل إلى طريق مسدود على مستويات الطاقة وما دون الذرة، سواء في العضلات وفي الأعصاب. والظواهر من أمثال السلوك الحيواني لا تحدث على المستوي الذري، وإنما تحدث على مستوي أعقد وأعلى تنظيماً بكثير. فإذا ما وصفنا السلوك بأنه مجرد حلقة في سلسلة من الحوادث قابلة للقياس، فسيظل لدينا بعض الشك فيما إذا كان لبعض أقيستنا أية علاقة بالمشكلة موضوع البحث.

وهكذا اتضح لنا، بعد دراسة الكون، أنه مؤلف من جسيمات تفتقر إلى الاستقرار والثبات. ولا يمكننا أن نعيد بناء الواقع الذي نعرفه، من السلوك غير المؤكد لهذه الجسيمات: ويبدو أن الأشياء وسلاسل الحوادث الحقيقية التي تكون العالم هي أكثر من مجرد فتات من المادة– الطاقة. فالعلم الواقعي منظم تنظيماً محكماً، وتتوقف صفات هذا الواقع المنظم على طريقة دراستنا له، وعلى الأدوات والمناهج المستخدمة. وهكذا لم يعد يكفي أن نقتصر على التفكير من خلال مبدأ العلية، أو التسلسل المجرد للحوادث، بل إن من الواجب أن تزداد آفاقنا العقلية رحابة، إذا شئنا أن يستمر علمنا في التقدم من حيث اتساع نطاقه وعمق معناه.

الفصل السادس

جرب حظك

"إذا بدأنا بالأمور اليقينية، فسوف ينتهي بنا الأمر إلى أمور مشكوك فيها؛ أما إذا بدأنا بالأمور المشكوك فيها، وصبرنا معها، فسوف ينتهي بنا الأمر إلى أمور يقينية".

(فرانسس بيكن)

هناك جماعة من الشبان يجلسون على هيئة دائرة، وكل منهم راكع، وحريص كل الحرص على مراقبة فرد معين في الجماعة. هذا الشاب يقوم "بطقوس" يستخدم فيها شيئين صغيرين لونهما أبيض. وجميع الشبان يرتدون زياً رسمياً متماثلاً أزرق اللون. وعندما يلقى الشخص القائم بالأداء بالأشياء البيضاء على الأرض، يصيح الباقون ويتحركون ويتبادلون النقود. ولو اقتربنا من هذه الجماعة لندرس سلوكهم الغريب، لوجدنا أنها جماعة من البحارة، يمارسون تلك العادة السحيقة في القدم –وإن تكن عادة مذمومة– وهي لعب القمار.

والقمار الذي يلعبونه يستخدم فيه زوج من الزهر. وليس هذا اللعب حادثاً علمياً، وإنما هي لعبة حظ. ولكن على الرغم من أن العلم لا صلة به بألعاب القمار، فإن هناك أهمية علمية كبرى لمبادئ هذه اللعبة. فالقمار لعبة

حظ، ولكن اللاعب البارع يراهن لكي يترك اللعب ومعه من المال أكثر مما ابتدأ به. وإنا لنجد في كثير من مجالات العلم أن هناك عنصراً هاماً من الحظ في الظواهر الطبيعية. وإذن فأبحاثنا العلمية مشابهة إلى حد ما لألعاب القمار، ولابد لنا، لكي تترك البحث ولدينا من المعلومات أكثر مما بدأنا به، من أن نتعلم، كلاعب القمار البارع، كيف نقوم بالرهان الصحيح.

إن الخصائص الفردية للنباتات والحيوانات والبشر أيضاً تنتقل من جيل إلى جيل عن طريق وحدات وراثية نسميها بالجينات (المورثات). ويصل عدد الجينات في كل فرد إلى الألوف، وكل منها يوجد منه زوج. ويسهم كل من الوالدين بواحد فقط من كل من أزواج الجينات لديه، بحيث تكون جينات الذرية بدورها أزواجاً. هذا النوع من التقليب والجمع العشوائي بين الجينات يحتم إدخال مفاهيم الاحتمال أو الحظ، في ذلك العلم البيولوجي، علم الوراثة.

إننا في كل تجربة علمية تقريباً، لا نحصل على نفس النتائج بالضبط في كل مرة نجري فيها التجربة. وقد تكون التجربة التي نجريها مجرد قياس بسيط جداً، كتحديد الوقت الذي يستغرقه جسم ليسقط مسافة معينة، كما قد تكون التجربة شديدة التعقيد، كما يحدث مثلاً عند تحديد تأثيرات دواء مسكن في قلب حيوان وجهازه العصبي المركزي. في كلا نوعي التجربة هذين، نقوم بقياسات من نوع ما، ونراجع النتائج دائماً، ونعيد مراجعتها، عن طريق إجراء التجربة مرات عديدة ذلك لأن التجارب لا

يمكن أن تبلغ حد الكمال، وكذلك الحال في القائمين بها، ومن هنا فإن القياسات التي تجري لابد أن تتفاوت قليلاً من مرة إلى أخرى، رغم كل ما نبذله من محاولات من أجل الاحتفاظ بثبات شروط التجربة. وقد تكون بعض الفوارق الضئيلة في النتائج راجعة إلى الصدفة وحدها. غير أن بعضها قد يكون أخطاء هامة ناتجة عن خطأ في الطريقة الفنية، أو عدم كفاية الضوابط، أو أية عوامل مجهولة أخرى.

وإذن فنحن في حاجة إلى وسيلة نحدد بها إن كانت الفوارق التجريبية نتيجة الصدفة، أولها دلالة حقيقية. ولهذا الغرض تستخدم التحليلات الإحصائية، ويمكن حساب احتمال كون النتائج التجريبية مجرد حوادث اتفاقية أو ناتجة بالصدفة. والإحصاء هو دراسة رياضية للاحتمال، وهو أداة فعالة للعلم. ومن الملاحظ أن التحليل الإحصائي لا يستطيع أن يفسر لنا التجارب، وكل ما ينبئنا به هو مقدار احتمال إمكان تفسير نتائجنا أصلاً. ومع ذلك فهذا شيء له أهميته، وهو يجعل لدراسة الصدفة أهمية بالغة في العلم.

ولقد أصبح لحساب الاحتمالات أهمية كبرى في مجال الفيزياء دون الذرية، كما سنرى في هذا الفصل فيما بعد. ولقد كان هذا الاهتمام بالاحتمالات راجعاً– بكل بساطة– إلى إننا قد اضطررنا، في بحثنا لهذه الجسيمات الشديدة الصغر، إلى التخلي عن أفكار العلية الدقيقة، كما أوضحنا في الفصل السابق. فإذا لم يكن من الممكن كشف العلة

والمعلول أو قياسها، فإن النشاط العشوائي أو الاتفاق المحض يبدو هو التفسير الوحيد الباقي أمامنا، والذي يسمح لنا بوضع مفاهيم ناجحة عملياً. ويبدو أن فكرة الاحتمال مقدر لها أن تقوم بدور هام في تشكيل المعرفة العلمية. ومن هنا كان فهم المبادئ العامة المتضمنة فيها أمراً هاماً في بحثنا هذا عن طبيعة العلم.

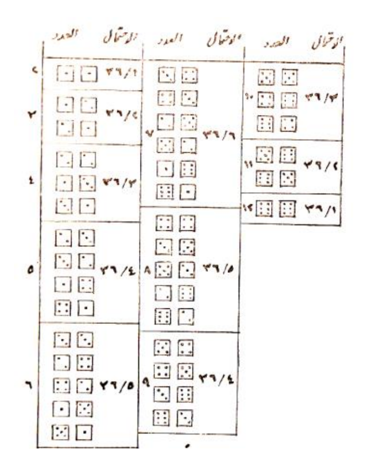
والآن، فلندع مؤقتاً هذه المسائل العلمية، ونرى ما يمكننا أن نتعلمه من اللعب بزوج من الزهر. إن فحص زهر واحد يوضح لنا أنه مكعب تتساوى أضلاعه الستة في الطول. كذلك نلاحظ أن كل ضلع عليه عدد من النقط، تتراوح بين واحدة وست، دون حذف أو ازدواج. فإذا ما قذفنا بالزهر على المنضدة، فإنه يستقر دائماً على وضع يكون فيه أحد أضلاعه الستة إلى أعلى، وبذلك يدل على عدد يتراوح بين الواحد والستة. وهذا ما يفعله الزهر في كل مرة نرميه أو ندحرجه فيها. فليس من الممكن ألا يفعل ذلك، بل إن هذا ما يحدث في كل مرة. ونستطيع أن نعبر عن الاحتمال على هيئة كسر عددي يتألف من عدد مرات النجاح مقسوماً على عدد مرات المحاولة. ففي حالة اليقين، يكون عدد حالات النجاح مساوياً لعدد المحاولات، وتكون نسبة الاحتمال ١/١ أو ١. ولما لم يكن في الزهر ضلع فارغ، أو ضلع فيه سبع نقاط، فليس هناك أدنى احتمال في أن يدل النرد على الصفر أو على عدد يزيد على الستة. فاحتمال وقوع مثل هذا الحادث المستحيل هو صفر/١ أو صفر. أما نطاق احتمال أي نظام على

الإطلاق فيتراوح دائماً بين ١ (اليقين) وبين صفر (الاستحالة).

ولما كانت للزهر ستة أضلاع متساوية، فليس ثمة وسيلة للتنبؤ بالجانب الذي سيكون إلى أعلى عندما يستقر الزهر. وليس لدينا من الأسباب ما يدعونا إلى الاعتقاد بأن رقماً ما هو الذي سيظهر، أكثر مما لدينا بشأن أي رقم آخر. فهناك ستة أرقام ممكنة، ومن المؤكد أن واحداً منها ينبغي أن يظهر. وإذن، فالمفروض أن يظهر رقم معين في حوالي ٦/١ من عدد الرميات. فإذا رمينا الزهر ١٠٠٠ مرة، يكون كل رقم ما بين ١ و٦ قد ظهر حوالي ١٦٦ مرة. أي أن احتمال ظهور رقم معين هو ٦/١، واحتمال ظهور الرقم ٤ هو ٦/١. فلنفرض أن الرقم ٤ قد ظهر، فما هو احتمال ظهور ٤ أخرى في الرمية التالية؟ إنه يظل ٦/١. فليس للزهر ذاكرة، والاحتمال لا يبنى على "قانون للمتوسطات" ذي أثر رجعي. ولكن إذا لم تكن قد رميت النرد بعد، فما هو احتمال ظهور الأربعة مرتين على التوالي؟ إن احتمال ظهور الأربعة الأولى ٦/١، واحتمال ظهور الأربعة الثانية هو سدس السدس، (٦/١× ٦/١ أي ٣٦/١. ولكن إذا ظهرت الأربعة الأولى بالفعل، فإنها تختفي من الحساب على الفور، ويكون احتمال ظهور الأربعة الثانية مماثلاً لاحتمال ظهور أي رقم آخر بين الواحد والستة، أي ٦/١.

والآن، فلنضف الزهر الآخر، بحيث نلعب بزوج من الزهر. عندئذ يزداد الموقف تعقيداً عما كان في حالة الزهر الواحد. ولكنه يظل بسيطاً

نسبياً، وقابلاً للفهم بسهولة. فمن الواجب أولا أن ندرك أن كل زهر مستقل عن الآخر، وأن كل ما قيل عن الزهر الواحد في الفقرة السابقة ينطبق على كليهما. والأمر الذي يهمنا الآن هو الجمع بين الزهرين، وذلك على الأقل فيما يتعلق بجمع الأرقام التي تظهر على كل زهر كلما رميناها. فمن المؤكد أن رقمين سيظهران في كل رمية، وأن واحداً من الرقمين لن يكون أقل من الواحد ولا أكثر من ستة. وإذن فمن الواضح أن حاصل الجمع ينبغي دائماً أن يكون بين اثنين واثنى عشرة. ولما كان كل الزهر لابد أن يظهر فيه أي رقم من الستة، فإن التجمعات الخاصة الممكنة للأرقام في حالة الزهرين هي ٦×٦، أو ٣٦.



الشكل رقم ٢

(يوضح الشكل رقم ٢ التجمعات الممكنة للزهر)

فاحتمال ظهور أي من هذه التجمعات المحددة هو بالطبع ٣٦/١،

ما دام لن يكون إلا واحداً من ست وثلاثين حالة ممكنة. واحتمال ظهور عدد مشترك في الزهرين يتراوح بين ٣٦/١ وبين ٢٣٦/٦ تبعاً لعدد التجمعات الخاصة التي يصل مجموعها إلى هذا العدد. ولو نظرنا إلى الشكل، لوجدنا أنه لا يوجد إلا تجمع واحد يعطينا مجموعاً مقداره اثنان (هو "هابياك" بلغة لاعبي الطاولة). وإذن فاحتمال ظهور هذا العدد هو٣٦/١. ومن جهة أخرى فإن السبعة يمكن الوصول إليها على ستة أنحاء مختلفة، ولذا فإن احتمالها يصبح ٣٦/١ مضروباً في ستة، أي ٣٦/٦. ويتضح من دراسة الشكل أن احتمال ظهور أي رقم معين يتحدد تماماً بعاملين عدديين: (١) مجموع التجمعات الممكنة، وهو ٣٦، (٢) وعدد التجمعات الممكنة التي يصل مجموعها إلى الرقم المطلوب. فاحتمال ظهور السبعة هو ٣٦/٦، وهو كسر يمكن اختصاره إلى ٦/١. واحتمال ظهور العشرة هو٣٦/٣، أي ١٢/١. ومن ذلك ندرك بسهولة أن احتمال ظهور السبعة هو ضعف احتمال ظهور العشرة.

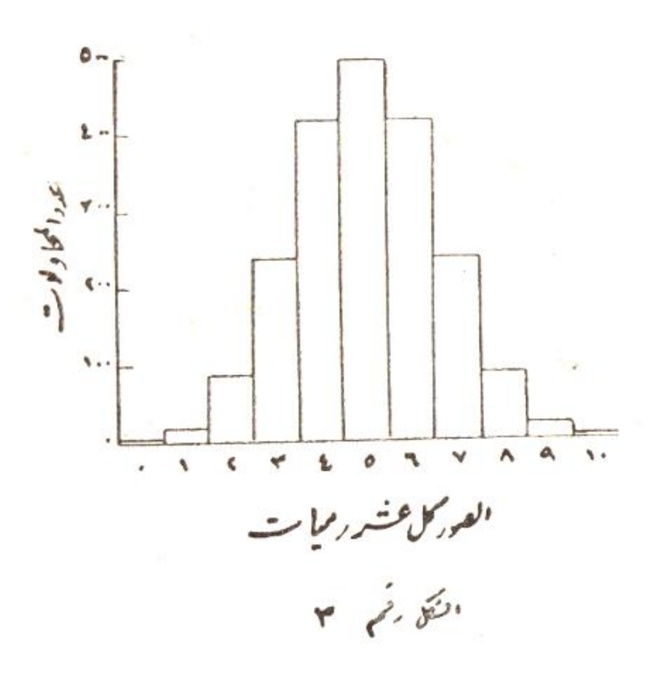
فما هو احتمال ظهور السبعة خمس مرات متتالية؟ إنه ٦/١ ×٦/١ × ٦/١ × ٦/١ × ٦/١، أي ٧٧٦/١. وهذا احتمال ضئيل جداً بحق. ولكن لنفرض أننا حاولنا الوصول إلى السبعة خمس مرات متتالية، فظهرت في الرمية الأولى سبعة. إلى هنا وكل شيء على ما يرام. والآن يصبح احتمال تكملة السلسلة هو ٦/١ × ٦/١ × ٦/١ × ٦/١، أي ١٢٩٦/١. فإذا ظهرت بعد ذلك سبعة أخرى، أصبح تكملة السلسلة هو

١/٦× ١/٦ × ١/٦، أي ١/٢١٦. والذي يهمنا أن نشير إليه هنا هو أن الاحتمال مبني على إمكان وقوع حادث مقبل، ولا شأن له بما حدث في الماضي. وهكذا فإنه لو تصادف وظهرت أربع سبعات متعاقبة، فإن احتمال ظهور سبعة أخرى لا يزيد على ١/٦.

وهناك سمة أخرى ينبغي معرفتها عن الاحتمال، وهي سمة يمكن إيضاحها من احتمالات ظهور الرقم ٢ في خمس رميات متعاقبة. فإن احتمال ظهور الاثنين ليس إلا ١/٣٦، مقابل ١/٦ في حالة السبعة.واحتمال ظهور الاثنين خمس مرات متعاقبة هو ١/٣٦ × ١/٣٦ × ١/٣٦ ×١/٣٦ × ١/٣٦، أي ١/٦٠٤٦٦١٧٦، أي أن ظهور الاثنين خمس مرات متعاقبة له احتمال يبلغ مقداره ١/٧٧٧٦ من احتمال ظهور السبعة خمس مرات متعاقبة. ولا شك أن ظهور هذه السلسلة من الرقم اثنين هو أمر بعيد الاحتمال جداً، ولكنه ليس مستحيلاً، ذلك لأن الحادث لا يكون مستحيلاً إلا إذا كان احتماله صفراً.

ويزداد الموقف تعقيداً إذا بدأنا نلعب بثلاثة من الزهر أو أربعة أو خمسة أو أكثر.ولكن مهما كان عدد الزهر المستخدم، فإن نفس مبادئ الاحتمال هي المطبقة فيه، وما التعقيد إلا مسألة صعوبة في استخدام الرياضيات فحسب. وبالمثل فإن نفس الأفكار الأساسية تنطبق على أي نظام أبسط من الزهر، مثل إلقاء قطعة من العملة لمعرفة ما إذا كان الوجه الذي سيظهر صورة أم كتابة.

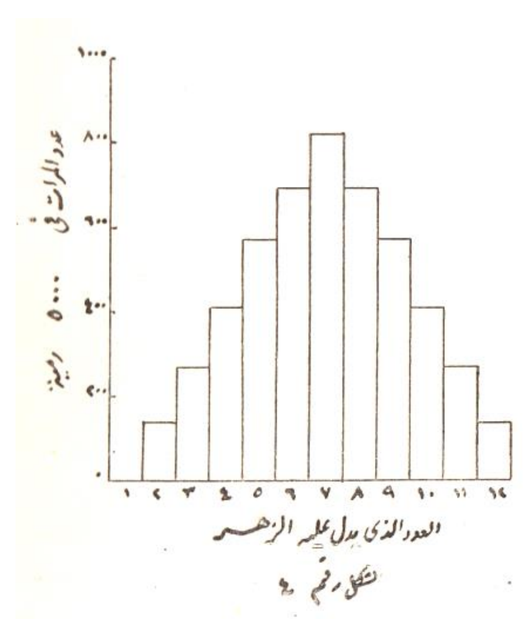
لننظر إذن بإيجاز في مسألة إلقاء قطع العملة هذه، إذ إنها توضح سمة أخرى هامة من الاحتمال. فعندما تلقي بقطعة من العملة، فلابد أن تظهر الصورة أو الكتابة. واحتمال ظهور الصورة مماثل لاحتمال ظهور الكتابة، أي ٢/١. فلو قذفت بالقرش عشر مرات، فلك أن تتوقع أن تظهر فيه الصورة حوالي نصف عدد المرات.وهذا ما سيحدث بالفعل على المدى الطويل. ومع ذلك فإن كل من حاول إلقاء القروش يعلم أنه إذا رمي عشر رميات، فإن الصورة لا تظهر دائماً خمس مرات بالضبط. فقد تظهر الصورة في القرش أربع مرات أو ست أو مرتين، وقد لا تظهر على الإطلاق في عشر رميات، أو قد تظهر الصورة في الرميات العشر جميعاً. فلنفرض أننا نرمي القرش عشر مرات، ونقوم بتسجيل عدد المرات التي تظهر فيها الصورة. وبعد ذلك نرميه عشر مرات أخرى ونسجل مرة أخرى عدد الصور، ونظل نكرر هذه العملية حتى نؤديها ١٠٠٠مرة أو أكثر. والنتيجة التي يؤدي إليها ذلك- إلى جانب شعورنا بالألم في إصبع الإبهام!- هي أننا سنكتب معلومات كثيرة عن الاحتمال. فلو جمعنا الآن عدد المرات التي ظهرت فيها الصورة صفراً وواحدة واثنتين وثلاث، إلخ، حتى عشر مرات في الرميات العشر، لأمكننا أن نصور هذه الأعداد في رسم بياني كهذا:



الشكل رقم ٣

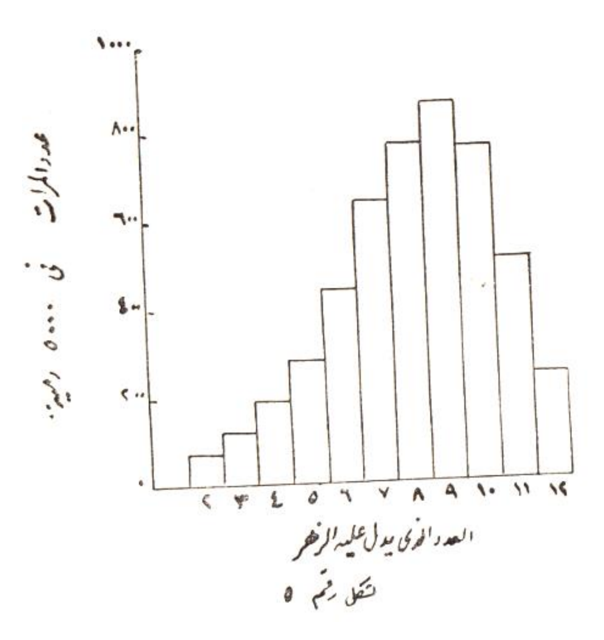
مثل هذا الرسم البياني بشكله الذي هو أشبه "بالبطن" يسمى "توزيعاً مستوياً **Normal distribution**"، وله قيمة كبرى في دراسة الاحتمال. فإلام ترجع أهميته الكبرى هذه؟ إنها ترجع إلى أنه مقياس للاختلافات التي يمكننا أن نتوقع الاهتداء إليها بين حوادث تقع بالاتفاق المحض. فالاحتمالات التي تنسب إلى حوادث مثل ظهور الصورة في عملة أو ظهور الرقم سبعة في زوج من الزهر، تمثل المتوسطات المتوقعة. والرسم البياني للتوزيع المستوى ينبئا بشيء عن الاختلاف الذي يحدث حول هذا المتوسط. والواقع أن هناك عدداً من المفاهيم الإحصائية العظيمة الفائدة يبني على خواص التوزيع المستوى.

ولقد بني نظام رياضي معقد على أساس مفاهيم احتمالية بسيطة جداً، كتلك التي ضربنا لها أمثلة بالزهر والقروش. ويعرف هذا الفرع من فروع الرياضيات باسم الإحصاء، وهو يقوم بدور هام في اقتصادنا فضلاً عن العلم. ولكي نكون فكرة عن هذه التطبيقات، سنعود مرة أخرى إلى زوج زهر النرد، ونسلم بأن هذا الزوج قد اختبر بدقة، وأنه متوازن توازناً كاملاً ومتجانس من جميع الأوجه. عندئذ نرمي الزهر ٥٠٠٠مرة، ونسجل الأرقام التي ظهرت في كل مرة. ومن هذا التسجيل نستطيع عمل رسم بياني لعدد المرات التي ظهر فيها كل رقم من الاثني عشر. وسيوضح لنا الرسم البياني (الشكل رقم ٤) أن مجموع المرات التي ظهر فيها كل رقم يتناسب مع درجة احتماله. فقد ظهرت السبعة أكثر من أي رقم آخر، وقد رأينا من قبل أن احتمال ظهورها أكبر من احتمال ظهور أي رقم آخر.



شكل رقم ٤

فلنأخذ الآن زوجاً من الزهر، وهو زوج لسنا واثقين من دقته أو توازنه. ثم نرمي هذا الزوج الثاني ٥٠٠٠ مرة، مع تسجيل الأرقام التي تظهر أيضاً، في هذه الحالة سنجد أن الرسم البياني للنتائج يدل على أن أكبر الأرقام ظهوراً كان هو التسعة لا السبعة. ويظهر هذا الرسم البياني في الشكل رقم ٥.



شكل رقم ٥

ولقد ر أينا من قبل في الشكل رقم ٢ أن نسبة احتمال التسعة هي ٣٦/٤، في مقابل ٣٦/٦ للسبعة. أي أن الزهر المصنوع بطريقة صحيحة تظهر فيه التسعة ثلثي المرات (٦/٤) التي ظهر فيها السبعة. أما في الزوج الثاني من الزهر، فإنا لا نحصل على النتائج المتوقعة، مما يدل على أن الأرقام لم تكن تظهر بالصدفة وحدها. فالنتائج تدل على أن هناك عاملاً ما كان يجعل الرقم تسعة أكثر ظهوراً مما يمكن تفسيره على أساس احتماله المتوقع. وهكذا نشتبه على الفور في أن هناك شيئاً غير عادي في هذا الزوج من الزهر. ولو اختبرناه بدقة، فالأرجح أننا سنجده غير تام التوازن. وكان هذا النقص هو الذي أدى إلى تغيير احتمالات الأعداد المختلفة، وتغير شكل الرسم البياني.

وعلى الرغم من أن هذا النوع من البحث أعقد بالضرورة من الوجهة الرياضية، فإنه مفيد للعلم دون شك. فهو يتيح لنا وسيلة لتحديد دقة القياسات والدلالة المحتملة للفوارق التي نجدها في التجارب. ويتم ذلك عن طريق التحليل الإحصائي، الذي يتعلق أساساً بتحديد ما إذا كان كل من المجموعات المختلفة للقياسات يكون توزيعاً مستوياً مختلفاً أم لا. فلو كانت البيانات كلها تندرج تحت توزيع مستو واحد، لكان معنى ذلك أنها كلها جزء من قيمة متوسطة واحدة. وفي هذه الحالة لا تكون هناك فروق حقيقية بين مجموعات النتائج التجريبية. أما إذا كانت البيانات تكون أكثر من توزيع مستو واحد، فهذا يعني أن هناك فروقاً حقيقية في التجارب.

إن مسألة ظهور أي وجه من الأوجه الستة للزهر هي مسألة صدفة محضة، وليس لها تأثير في تحديد الرقم الذي سيظهر في زهر آخر. كذلك فإنها لا تتأثر بالأرقام التي ظهرت في مناسبات سابقة، كما أنها لا تؤثر بأي حال فيما قد يحدث في المستقبل.فرمى الزهر هو "حادث منعزل مستقل". أما في الحوادث الطبيعية، فإن كل الشواهد تدل على أن الحادث الواحد يؤدي إلى الآخر، مما يتيح ظهور سلسلة من الحوادث، هي سلسلة علل ومعاولات. ففي تفاعل كذلك الذي يحدث في القنبلة الذرية، تكون سلسلة الحوادث ما يسمى بالتفاعل المتسلسل **Chain reaction**. فإذا انشطرت فجأة نواة ذرية كبيرة غير مستقرة، كنواة اليورانيوم، قفز جسمان سريعان بعيداً عن النواة. فإذا اصطدم واحد من

هذين الجسيمين السريعين بنواة يورانيوم أخرى، أدى ذلك إلى انشطار هذه النواة، فيترتب على ذلك انطلاق جسيمين آخرين بسرعة. وهكذا فإن كل جسيم من هؤلاء يمكن أن يؤدي إلى انطلاق جسيمين آخرين فإذا كانت هذه الجسيمات مكدسة في تنظيم محكم، بحيث إن قليلاً منها هو الذي يحقق في الاصطدام بنواة، فإن ذلك يؤدي إلى بدء حدوث تفاعل متسلسل. فتكون جسيمين يؤدي إلى تكون أربعة، والأربعة تؤدي إلى ثمانية، والثمانية إلى ستة عشر، وهكذا. وإذن فالسلسلة التي تتضاعف فيها الأعداد في كل مرة سرعان ما تؤدي إلى أعداد هائلة. وفي حالة القنبلة الذرية يؤدي التفاعل المتسلسل إلى إطلاق طاقة، كما يؤدي التراكم السريع للطاقة في مكان محصور إلى انفجار مخيف.

وفي وسعنا أن نوضح طبيعة التراكم السريع للتفاعل المتسلسل بقصة صغيرة تروى عن راع للبقر وحداد ماكر. فقد طلب راعي البقر من الحداد أن يصنع (حدوات) لحصانه، ولكنه ذكر أنه لا يريد أن يدفع مبلغاً كبيراً من المال لقاء هذا العمل. وبعد تداول حول الثمن دون الوصول إلى اتفاق، قال الحداد: "سأخبرك بما تفعل. إن كل (حدة) تحتاج إلى ثمانية مسامير، أي أن الجميع يحتاج إلى اثنين وثلاثين مسماراً. وسأعطيك (الحدوات) مجاناً، وأتقاضى فقط سنتين عن المسمار الأول. وأربعه سنتات عن الثاني، وثمانية عن الثالث. ولن يكلفك كل مسمار إلا ضعف ما تكلفه المسمار السابق". فوافق راعي البقر على هذه الفكرة. وعندما

أتم الحداد وضع الحدوات للحصان، قدم إلى راعي البقر قائمة الحساب الآتية:

المسمار	الثمن	المسمار	الثمن	المسمار	الثمن
	دولار		دولار		دولار
١	٠،٠٢	١١	٢٠،٤٨	٢١	٢٠٩٧١،٥٢
٢	٠،٠٤	١٢	٤٠،٩٦	٢٢	٤١٩٤٣،٥٤
٣	٠،٠٨	١٣	٨١،٩٢	٢٣	٨٣٨٨٦،٠٨
٤	٠،١٦	١٤	١٦٣،٨٤	٢٤	١٦٧٧٧٢،١٦
٥	٠،٣٢	١٥	٣٢٧،٦٨	٢٥	٣٣٥٥٤٤،٣٢
٦	٠،٦٤	١٦	٦٥٥،٣٦	٢٦	٦٧١٠٨٨،٦٤
٧	١،٢٨	١٧	١٣١٠،٧٢	٢٧	١٣٤٢١٧٧،٢٨
٨	٢،٥٦	١٨	٢٦٢١،٤٤	٢٨	٢٦٨٤٣٥٤،٥٦
٩	٥،١٢	١٩	٥٢٤٢،٨٨	٢٩	٥٣٦٨٧٠٩،١٢
١٠	١٠،٢٤	٢٠	١٠٤٨٥،٧٦	٣٠	١٠٧٣٧٤١٨،٢٤
				٣١	٢١٤٧٤٨٣٦،٤٨
				٣٢	٤٢٩٤٩٦٧٢،٩٦
المجموع					٨٥٨٩٩٣٤٥،٩٠

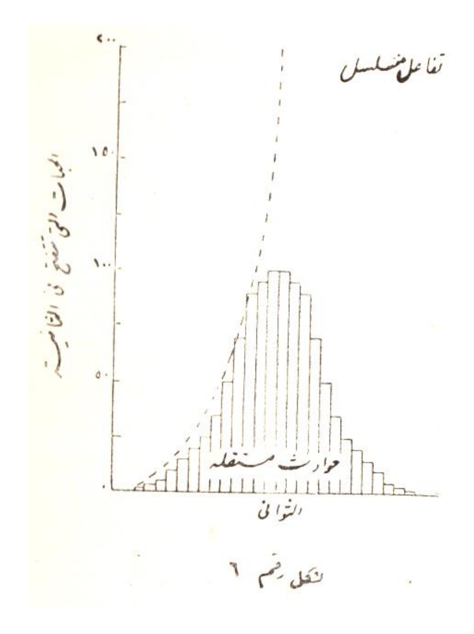
الرجاء دفع الحساب.

وهكذا يتضح لنا أن هناك اختلافاً كبيراً بين رد الفعل المتسلسل وبين سلسلة الحوادث المستقلة، كالأرقام التي تظهر في زوج من الزهر. ولهذه الفوارق بين هذين النوعين من الحوادث أهميتها من وجهة نظر العلم. وقد يتوهم المرء الوهلة الأولى أن عنصر الصدفة له دور محدود أو ليس له دور على الإطلاق في تفاعل متسلسل كذلك الذي تتضمنه القنبلة

الذرية. فما إن يبدأ سير التفاعل، حتى يستمر إلى أن يكتمل بوصفه سلسلة محكمة تماماً من حوادث العلة والمعاول. وقد يؤدي بنا هذا إلى الاعتقاد بأن الحوادث الطبيعية يمكن تقسيمها إلى تلك التي تحدث بالاحتمال وتلك التي تحدث بالعلة والمعاول. ومن هنا فلابد لنا، لكي ندرك كيف يرتبط النوعان، وكيف يندرج كلاهما تحت مفهوم للاحتمال، من أن ندرس مزيداً من أمثلة حسابات الاحتمال. وسوف تتمكن عن طريق هذه الأمثلة من معرفة الكثير عن الاحتمال، كما سنتبين كيف اضطرنا إلى تغيير أفكارنا عن العلة والمعاول.

فلنفرض أن ١٠٠٠حبة من "الفشار" ألقيت في إناء من الزيت الساخن. فبعد وقت قصير، تبدأ الحبات في التفتح. وفي البداية تتفتح حبة واحدة، ثم عدة حبات ، ثم حبات أكثر وأكثر. ثم يصبح التفتح سريعاً جداً، وبعد ذلك يبطئ، ثم يتوقف بعد أن ينفجر في الحبة الأخيرة قلبها الأبيض برائحته المعروفة ومذاقه المستحب. فهل كان حادث تفتح "الفشار" هذا نوعاً من التفاعل المتسلسل، أم كان سلسلة من الحوادث المنفصلة المستقلة؟ لقد كان يغدو أشبه بالتفاعل المتسلسل لو كان تفتح أية حبة يؤثر في تفتح حبة أخرى أو أكثر. وفي استطاعتنا، عن طريق بعض الحسابات، أن تحدد إن كان ذلك تفاعلاً متسلسلاً أم سلسلة مستقلة. فليس من العسير أيجاد طريقة لحساب عدد الحبات التي تفتحت في كل ثانية من الزمن الذي استغرقته الحبات الألف كلها لكي تتفتح. وفي إمكاننا عمل رسم بياني بهذه

الحسابات، كما فعلنا في حالة نتائج رمي القرش من قبل. فإذا كان تفتح كل حبة حادثاً منفصلاً، مستقلاً تماماً عما حدث للحبات الأخرى البالغ عددها ٩٩٩ حبة، فلابد أن تتوقع أن يكون المنحنى في الرسم البياني من نوع "التوزيع المستوى". ويتمثل هذا الرسم البياني في الشكل رقم٦. ومن هذا الشكل يتضح لنا أننا توصلنا إلى خط بياني من نفس النوع الذي توصلنا إليه في حالة رمي القرش. أما لو كان تفتح الحبات من نوع التفاعل المتسلسل لكان الخط البياني يرتفع ويرتفع باستمرار، ثم يتوقف فجأة. وهذا النوع من المنحنى موضح في الرسم بخط متقطع.



شكل رقم ٦

ولو كنت تقبل أن تتجشم عناء حساب تفتح حبات الذرة وتسجيله، فسوف تجد أنه سلسلة من الحوادث المستقلة المنفصلة. والنقطة

الوسطى العليا في الرسم البياني توضح متوسط زمن التفتح. أما بقية الرسم فيوضح الفوارق حول هذا المتوسط. ولن نجد في هذه الحالة دليلاً على حدوث تفاعل متسلسل. ولما كان تفتح الحبات مشابهاً إلى حد ما لرمي الزهر، فلابد أن يكون في وسعنا حساب قيمته الاحتمالية. ففي استطاعة المرء بسهولة أن يضع علامة يمكن بواسطتها تمييز حبة معينة. والآن، ما درجة احتمال أن تكون هذه الحبة هي أول حبة تتفتح؟ لما كانت هناك ١٠٠٠ حبة، فإن أن تكون هي الأولى هو ١/١٠٠٠، وهكذا دواليك، تماماً كما في حالة الزهر. وعلى الرغم من أنه من غير المتوقع أن تتفتح الحبات الألف كلها في نفس الثانية، فمن الممكن حساب احتمال حدوث هذه الحالة دون صعوبة كبيرة.

إن النشاط الإشعاعي للراديوم، أو أية مادة إشعاعية أخرى، مشابه لتفتح "الفشار". فتحلل ذرة الراديوم يبدو شيئاً مستقلاً، ومن المستحيل التنبؤ بالوقت الذي ستتفكك فيه أية ذرة بعينها. ولكن من الممكن التنبؤ بالمستوى العام للإشعاع الذي يحدث في قطعة من الراديوم مؤلفة بين ملايين الذرات. وإذن فليس انحلال الراديوم تفاعلاً متسلسلاً، وإنما هو سلسلة من الحوادث المستقلة. ولابد أن تكون التنبؤات التي تقوم بها مبنية على حسابات الاحتمال. ولهذه التنبؤات، كما للتنبؤات الخاصة بالزهر و"الفشار"، دقة إحصائية كبيرة، ومن الممكن أن تكون شديدة الانضباط والإحكام. ومردقتها وإحكامها إلى أنها تنطوي على كثير من

الحوادث ذات الاحتمال المتساوي. أما إذا طبقت هذه الحسابات على حادث واحد منعزل، فإن قيمتها تكون ضئيلة.

* * *

إن لمفاهيم الاحتمال تطبيقات كثيرة، سواء في المجال العلمي أو في سائر مجالات النشاط البشري. فأقساط التأمين على الحياة، مثلاً، مبنية على حساب الاحتمالات، فعلى أساس ما حدث في السنوات السابقة، يستطيع رياضيو التأمينات أن يتنبأوا بقدر غير قليل من الدقة، بمعدل الوفيات في فئات الأعمار المعينة للرجال والنساء. وكلما كانت تنبؤاتهم أدق، استطاعوا أن يحددوا على أساس أفضل مقدار ما ينبغي تقاضيه من أجل التأمين على مختلف هذه الفئات. ومع ذلك فليس في وسعهم أن يحددوا، عن طريق التنبؤ، من هم بعينهم الأشخاص الذين سيموتون. فليس في استطاعتهم التعامل مع أفراد منفصلين، وإنما يمكنهم التعامل مع أعداد كبيرة من الناس فحسب.

وعلى الرغم من أن رياضي التأمينات لا يمكنهم أن يحددوا، عن طريق التنبؤ، من هم الأشخاص المعينون الذين سيموتون في فترة مقبلة، فلا جدال في أن الموت ذاته نتيجة لأسباب محددة.فالناس لا يموتون فجأة بلا سبب، وإنما ينجم الموت عن واحد من أسباب محددة، قد تكون المرض، أو الخلل العضوي، أو الإصابة. أي أن الموت يحدث إذا وقع المرء بين تروس آلة من العلل والمعاولات، إما عمداً وإما اتفاقاً. ومثل هذا يصدق على حبات "الفشار". فالتفتح ناتج عن زيادة الحرارة داخل

الحبة، وهو يتوقف، من بين ما يتوقف عليه، على الرطوبة التي تنطوي عليها الحبة. وانفجار الحبة هو نتيجة مثل هذه الأسباب. ولن يكون من العسير جداً أيجاد طريقة لقياس التغييرات الداخلية في الحبة المعينة، وعندئذ يصبح من الممكن التنبؤ بكل دقة باللحظة المعينة التي ستتفتح فيها الحبة. ومثل هذا يمكن أن يقال عن رمي الزهر. فالوضع المستقر للزهر ينبغي أن يكون هو النتيجة النهائية لكل القوى الفيزيائية التي تؤثر في الزهر، منذ الموقع الذي بدأ فيه إلى هزه وأخيراً إلى رميه على المنضدة. وليس من شك في أن من الممكن صنع آلة يمكنها رمي الزهر بحيث تظهر فيه نفس الأعداد في كل وقت تقريباً.

ومع ذلك فإن عدد العوامل التي ينطوي عليها موت الناس، وتفتح "الفشار"، ورمي الزهر، يبلغ من الكثرة حداً يصبح من العقيم معه حتى أن نحاول قياس كل منها. وهذا يصدق بوجه خاص على الحالات التي يتعين فيها بحث عدد كبير من الناس، ومن الحبات، والزهر. ولا شك أننا نكون عمليين أكثر من هذا لو أننا درسنا المسألة إحصائياً، أي على أساس حساب الاحتمالات. والشيء الغريب في الموضوع هو أنه كلما ازداد عدد الحوادث الفردية، كان سلوكها أكثر اتفاقاً مع ذلك الذي تتنبأ به على أساس الاحتمال. فليست هناك علاقات علية بين الزهر، أو الحبات، أو الناس، في الأمثلة التي ذكرناها، أياً كانت العوامل التي تؤثر في كل منها، أو من داخل كل منها، على حدة.

إن من الثابت أن الذرات والجزئيات في حركة مستمرة. وكلما ازدادت الطاقة الحرارية التي تضاف إلى النظام الذي توجد فيه، كانت حركتها أسرع. وإن حركة الجزئيات لتبدو عشوائية، إذ إنها تتصادم بعضها بالبعض، ثم تتباعد في اتجاه وبسرعة تتوقف على الطريقة التي تصادف أن اصطدمت بها. فكل اصطدام وتباعد هو حادث منفصل يبدو نتيجة لأسباب. ولكن حيث تكون هناك ملايين عديدة من الجزئيات يتحرك كل منها في اتجاهات مختلفة، فإن الحصيلة النهائية تكون مبنية على الاحتمال.

إنك عندما تنفخ إطار سيارة بالهواء، فإن ضغط الإطار يرتفع، بحيث تكون في قيادتك للسيارة محلقاً فوق الهواء بالمعنى الصحيح لهذه الكلمة. ولقد كان الضغط في الإطار نتيجة لسبب، هو أنك دفعت كمية كبيرة من جزئيات الهواء الإضافية إلى مكان محصور داخل الإطار. ولكن أكان الضغط نتيجة لهذا السبب بالفعل؟ إن ضغط الإطار هو نتيجة اندفاع بلايين جزئيات الغاز في اتجاهات مختلفة داخل الإطار، بحيث يدفع بعضها بعضاً، وتصطدم– وهذا هو الأهم– بالسطح الداخلي للإطار. ويؤدي مجموع قوة اصطدامها على الجدران الداخلية إلى الحيلولة دون تهاوى الإطار، وكلما ازداد عدد الاصطدامات في لحظة من الزمن، ارتفع ضغط الإطار. على أن العدد الدقيق لجزئيات الغاز التي قد يحدث أن تصطدم بجدران الإطار في لحظة معينة هو حادث اتفاقي، ومن هنا فإنه يخضع لقوانين الاحتمالات الرياضية.فإذا نفخت الإطار حتى يسجل

مقياس الضغط ٢٨ رطلاً، ظل الإطار محتفظاً بهذا الضغط عند٢٨ رطلاً. فضغط الإطار لا يتذبذب بين الارتفاع والانخفاض، كما هي الحال في الأعداد التي تظهر على زوج من الزهر. وسبب ثبات الضغط هو سبب إحصائي محض. فبل أي ين الجزئيات التي تتدافع في اتجاهات مختلفة داخل الإطار تبلغ من الكثرة حداً لا يؤدي معه حدوث فارق مقداره بضعة مئات الألوف من الصدمات، بين لحظة وأخرى، إلى أن يكون هناك أبسط اختلاف ملحوظ في ضغط الإطار.

وهناك نقطة أخرى تستحق البحث هنا، هي أن هناك ملايين من جزئيات الهواء تصدم الإطار من الخارج أيضاً. هذه الصدمات الخارجية تتجه إلى دفع الإطار إلى الداخل، أي نحو خفة الضغط والفراغ من الهواء. ولكن عندما نفخ الإطار، اندفعت في داخله جزئيات الغاز بأعداد كبيرة لا يمكن تخيلها. وهذا يؤدي إلى زيادة احتمال أن تكون الجزئيات التي تدفع الإطار من الداخل في أية لحظة معينة أكثر من تلك التي تدفعه من الخارج. أي أن كثرة الأعداد وحدها هي التي أدت إلى تغيير الاحتمال.وما مقياس ضغط الإطارات، في واقع الأمر، إلا آلة تستخدم في قياس مدى تغيير هذا الاحتمال.فهل هذا مثال للعلة والمعلول؟ يقينا،ولكن ليس ذلك إلا بمعنى أننا "نقرص"الزهر لصالحنا. ففي استطاعتنا أن نجعل احتمالات الطبيعية تعمل لصالحنا، ونحن نسمى ذلك علة ومعلولاً، وتمتطى الهواء.

إن القوانين التي تحدثنا عنها بشأن تأثيرات الحرارة والضغط والحجم في مسلك جزئيات الغاز قد تكون كلها مبنية على الاحتمال. والواقع أن ما يحدث في أي وعاء يحوي غازاً، يمكن أن يفسر بأنه متوسط إحصائي من بين عدد كبير جداً من الحوادث المستقلة، شأنه شأن ما يحدث في الإطار المنفوخ. ولما كانت جزئيات الغاز لا تختلف كثيراً عن غيرها من الجزئيات، فإن ما يحدث في الأجسام المادية الأخرى يمكن أن يفسر بدوره على أساس الاتفاق والاحتمال.

وقد يتبادر إلى أذهاننا أن نتساءل عن حالة الحادث الذي يقع فيه تغير فعلي، والذي لا يكتفي فيه الجزئيان اللذان يصدمان بأن يتباعدا مرة أخرى، وإنما يحدث بينهما تأثير متبادل من نوع ما. ومن أمثلة هذا النوع، التفاعل الكيمائي. والحقيقة هي أن معظم التفاعلات الكيمائية، إن لم يكن كلها، يكون وصفها على أساس الاحتمالات أفضل بكثير من وصفها على أساس العلية.

فلنفرض أننا وضعنا ملعقة شاي من صودا الخبز (الباكينج بودر) في بعض الخل. ومن المعروف أن الاسم الكيمائي لصودا الخبز هو بيكربونات الصوديوم، وأن الجزء الأهم من الخل هو حامض الخليك. وهكذا نجد أن صودا الخبز تتفاعل مع الخل، ويحدث فوران قوي وفقاقيع كثيرة. ذلك لأن التفاعل يؤدي إلى تكوين أسينات (خلات) الصوديوم، كما ينتج حامض الكربونيك. ولكن حامض الكربونيك يكون في هذه الظروف غير مستقر على الإطلاق، فيتحلل ليكون ماء وثاني

أكسيد الكربون. ولما كان ثاني أكسيد الكربون في درجات الحرارة العادية غازاً، فإنه ينطلق من الخليط المتفاعل، وانطلاقه هذا هو الذي يعلل حدوث الفقاعات. كل هذه أمور يمكن وصفها من خلال فكرة العلة والمعلول. غير أننا لو تتبعنا مسار التفاعل، لوجدنا أنه يعطينا منحني توزيع مستو،كذلك الذي حصلنا عليه في حالة حبات "الفشار". ذلك لأن التفاعل الكيمائي بين الخل والصودا يتوقف على اصطدام جزئيات حامض الخليك مع جزئيات بيكربونات الصوديوم. أما حدوث هذه الصدمات، وعدد مرات حدوثها في اللحظة الواحدة،فهو أمر يتوقف على الصدفة والاتفاق. وتتوقف الاحتمالات التي ينطوي عليها هذا الحادث على مقدار الجزئيات الموجودة من كل نوع، وعلى الحرارة، إلخ. وهكذا نجد أننافي هذه الحالة أيضاً "قرصنا"الزهر لنحصل على النتيجة المطلوبة.

على أننا لم "نقرص" الزهر بمعنى أننا لجأنا إلى الغش: فليس في استطاعتنا أن نغش الطبيعة.بل إن ما تفعله عندما نجري تفاعلاً كيمائياً معيناً هو أن نهيئ الشروط الفيزيائية اللازمة لحدوث عدد كبير من التفاعلات بين الجزئيات في وقت قصير. وكلما ازداد احتمال التفاعل، حدث التفاعل الذي نريده بمزيد من السرعة والفعالية.

* * *

ولنعد الآن إلى التفاعل المتسلسل الذي تحدثنا عنه من قبل. فهناك جسيمات شديدة السرعة والطاقة تنطلق متباعدة عن نواة اليورانيوم عند

انحلالها. وإذا ما صدمت إحدى هذه الجسيمات نواة ذرة يورانيوم أخرى، انشطرت النواة الثانية، وتباعدت جسيمات أخرى بسرعة.على أن احتمال اصطدام جسيم بنواة، في قطعة عادية من اليورانيوم الخام، هو احتمال ضئيل.ولما كانت كل هذه الجسيمات تقريباً لا تنجح في الاصطدام بنواة، فلا يمكن أن يبدأ تفاعل متسلسل. أما إذا كان اليورانيوم شديد النقاوة، وكانت لدينا منه كمية كافية، فإن التفاعل المتسلسل يبدأ. فالتفاعل المتسلسل ينشأ من تهيئتنا للظروف المادية التي يكون فيها احتمال اصطدام الجسيمات بالنواة كبيراً.وفي مثل هذه الظروف يكون للتفاعل المتسلسل احتمال كبير. وما إن يبدأ حتى تزداد درجة احتماله، وتستمر الزيادة حتى ينشطر كل اليورانيوم. ونظراً إلى أن هناك كمية من الطاقة تنطلق مع كل انشطار نووي، فإن القنبلة الذرية تصبح ممكنة. وهكذا يمكن تعليل التفاعل المتسلسل بدوره على أساس الاحتمال.

ولقد رأينا، عند انشغالنا بصنع "الفشار" أن الترتيب الذي تتفتح به الحبات، أو عدد حالات التفتح في الثانية، هما أمران لا يمكن التنبؤ بهما إلا على أساس الاحتمال. وهكذا تبين لنا أن انفجار كل حبة هو حادث منفصل مستقل.كذلك اتضح لنا أن أفضل وسيلة لتفسير التفاعلات الكيمائية هي تفسيرها على أساس الاحتمال. فالتفاعلات الكيميائية تتضمن جزئيات تتصادم، والتصادم يحدث بالصدفة. ويترتب على ذلك أن مجرى الحوادث الكيمائية داخل حبة من "الفشار"هو بدوره سلسلة من

الحوادث الاتفاقية المستقلة. وهكذا يبدو أن الفشار يتفتح لأنه أصبح في وضع (أي في حرارة) يزيد من احتمال تفتحه في وقت معين.

ولقد أوضحنا في الفصل السابق أننا عندما نحاول تتبع علاقات العلية داخل جسيمات جينها، يكون مآل محاولتنا إلى الإخفاق. فأية محاولة لملاحظة (أو قياس) ما يحدث بين الإلكترونات وغيرها من الجسيمات الذرية تتضمن عنصراً من عدم اليقين لا مفر منه.وسبب عدم اليقين هذا هو أن الأدوات التي نستخدمها للقيام بملاحظاتنا تؤدي إلى بعث الاضطراب في نفس العلاقات التي تحاول قياسها. وهذا النوع من عدم اليقين يؤدي إلى فكرة عن الاحتمال من نوع يختلف عن تلك التي كانت لدينا في الماضي.

فالفكرة الكلاسيكية القديمة عن الاحتمال هي أشبه بالأمثلة التي ضربناها للزهر. إذ كان يعتقد أن فكرة الاحتمال تكون مفيدة عندما يستحيل من الوجهة العملية حساب العلل والمعاولات بدقة. ففي لعب الورق مثلاً يكون احتمال الحصول على أربعة "جواكر[1]" مثلاً ضئيلاً جداً. ومع ذلك فلو اختبرنا مجموعة الورق الكاملة قبل توزيعها، لكان من السهل تحديد الورقات التي سيحصل عليها كل لاعب. وعندئذ يكون احتمال الحصول على الجوكر الأربعة مرة واحدة هو إما ١ وإما صفر، تبعاً للطريقة التي وجدنا

---

[1] يلاحظ أن المؤلف يضرب هنا مثالاً آخر من لعبة "البريدج". ولما كانت قواعد هذه اللعبة غير معروفة لدى معظم القراء، فقد آثرنا تغييرها إلى مثل آخر مألوف. (المترجم)

الأوراق مرتبة بها: فالتوزيع يكون قد تحدد بالفعل، ولا مجال للاحتمال فيه.على أن مبدأ اللايقين ينبئا بأننا لا نستطيع، على المستوى الذري ودون الذري، أن تختبر مجموعة الأوراق قبل توزيعها، بل إننا نكون في هذه الحالة إزاء احتمال فحسب. وهكذا يبدو الأمر كما لو كنا قد تعقبنا علاقات العلية عبر جميع أنواع الظواهر الطبيعية، وعندما وصلنا إلى مربضها الأخير، وهو الجسيمات النهائية، وجدنا الباب موصداً من الداخل.

والآن، أصبحنا في موقف يتعين علينا فيه أن تتخذ قراراً. ذلك لأن فكرة الصحة المطلقة لمبدأ العلية هي من الأفكار الأساسية التي كان العلم مبنياً عليها، ومع ذلك فقد وجدنا الآن أنه ليس من الممكن اختبار هذه الفكرة في جميع الحالات. صحيح أن من الممكن، بطبيعة الحال، أن نفترض أن علاقات العلية ستظل سارية دائماً، وإن لم يكن من الممكن قياسها. غير أن هذا موقف ميتافيزيقي وليس علمياً. فالفكرة التي لا نستطيع اختبارها تجريبياً، أو قياسها، لا يمكن أن تصبح جزءاً من العلم الطبيعي. وهي قد تصبح مجرد طريقة في التفكير، لا جزءاً من نسق موضوعي للمعرفة. وهكذا تحتم علينا أن تتخذ قراراً مؤداه أن فكرة العلية قد لا تكون سوى طريقة في التفكير. على أن مفهوم العلية سيظل مفيداً على مستوى التجربة العادية والجزء الأكبر من الأبحاث العلمية، ومع ذلك ينبغي أن نظل نرتاب في صحته المطلقة. لقد بدأ العلم باليقين المرتبط بعالم محدد المعالم، وكانت فكرة الاحتمال في نظره أداة

اصطنعها البشر. أما الآن فقد توصلنا إلى مفهوم للكون يسوده الاحتمال، بينما تحولت فكرة العلية إلى أداة اصطنعها البشر. وبهذه الفكرة نعود إلى النص الذي اقتبسناه من فرانس بيكن في بداية هذا الفصل. "إذا بدأنا بالأمور اليقينية، فسوف ينتهي بنا الأمر إلى أمور مشكوك فيها؛ أما إذا بدأنا بالأمور المشكوك فيها، وصبرنا معها، فسوف ينتهي بنا الأمر إلى أمور يقينية".

الفصل السابع

بساطة العلم

إن المستكشفين الذين يقفون على شواطئ قارة مجهولة، يبحثون أولاً عن السمات البارزة، وعن المعالم التي سترشدهم كلما أرادوا استكشاف المزيد من تفاصيلها. وعلى كل جانب من الموقع الذي يقفون فيه، ينساب الشاطئ بعيداً إلى حيث تتلاقى الأرض والبحر والسماء وفي داخل القارة على مبعدة منهم، يلمحون جبالاً يغلفها الضباب وبعد المسافة بهالة معتمة: ولكن هدفهم هو البحث عن مسلك أو درب يتيح لهم استطلاع الأرض وتحديد أبعادها والاستيطان فيها. وعندئذ فقط تحمل وديانها الخصبة ثماراً، وتشتغل مواردها.وحين يتم تسخير الأرض على هذا النحو، يتبدد غموضها، وتصبح وطناً مفهوماً ومألوفاً.

والواقع أننا لم نبحث عن العلم، حتى هذه النقطة من استكشافنا لأرضه المجهولة، سوى معالمه البارزة: فقد تعين علينا إغفال عدد هائل من الجوانب الطريفة الهامة للعلم، كما سعينا إلى تجنب كثير من المسالك الجانبية الفلسفية، على الرغم مما بدا فيها من إغراء: ذلك لأن هدفنا كان بسيطاً–وأعني به وصف الخصائص الرئيسية للعلم.وفي سبيل بلوغ هذا الهدف سلكنا أقصر الطرق الممكنة. ولو كنا قد اتبعنا طريقة الاستطراد لكان معنى ذلك أن يتضاعف حجم هذا الكتاب الصغير فيصبح مجلداً

في حجم الموسوعة. وعلى ذلك، فلنتريث قبل أن ننتقل إلى بحث تأثير العلم في طريقتنا في النظر إلى الحياة، ولنرجع بأنظارنا إلى الدرب الذي سلكناه حتى الآن.

لقد درسنا السمات الأساسية للعلم وناقشناها واحدة تلو الأخرى، وحاولنا أن نوضح كيف ترتبط هذه السمات فيما بينها، وأين يتلاقى بعضها مع البعض في علاقة بسيطة على خريطة العلم، ورأينا أن العلم، شأنه شأن أي ضرب آخر من ضروب المعرفة، لا يمكن أن يكون أفضل من المناهج المستخدمة في اكتسابه. أما المنهج العلمي فقوامه الملاحظة والغرض والتجربة والتفسير.وفي هذا المنهج تكون قوة العلم، إذ إنه منهج يساعد على اكتساب معلومات عن العالم تتسم بأنها مفيدة، محققة، نقية من الشوائب. ومن التجارب انتقلنا إلى النظريات، فرأينا أن النظريات المركبة من ملاحظات تجريبية تفيد في ربط معرفتنا بإحكام، حتى يكون العالم الذي نعرفه عالماً واحداً. وتستخلص النظريات، الكبيرة منها والصغيرة، من وقائع الطبيعة بالاستقراء. ولما كانت الوقائع والاختبار يأتيان قبل النظريات والقوانين،فإن وجه العلم يتغير، وكلما اكتسبنا مزيداً من المعلومات المفصلة الدقيقة، كنا على ثقة من أن هذا التغير يتجه إلى الأحسن.

وربما كان مما يثير بعض الدهشة أن نكتشف أن العلم لا يبني على الملاحظات والقياسات وحدها. فقد اتضح لنا أنه حتى قبل أن يتسنى تفسير تلك الوقائع، يتعين أن تكون هناك طريقة للتفكير فيها. هذه الطريقة

في التفكير تكون مجموعة من المسلمات أو المصادرات التي يمكن أن ترتكز عليها بقية أفكارنا. وقد اتضح لنا أن هناك على الأقل أربع مسلمات يرتكز عليها العلم، وهي مسلمات غاية في البساطة،ولكن لها في الوقت ذاته تأثيراً هائلاً في تفسيرنا للطبيعة.

أولى هذه المسلمات، وهي القائلة إن الطبيعة قابلة للفهم، هي أبسطها. فهذه المسلمة الضرورية، مهما كان من جرأتها، هي جزء لا يتجزأ من كل محاولة للوصول إلى أي نوع من الفهم. ومن الملاحظ أن فكرتنا عن طبيعة الفهم قد تغيرت على مر السنين، ففي خلال نصف القرن الماضي أصبح من الضروري التخلي، إلى حد بعيد يبعث على القلق، عن فكرة الفهم من خلال نماذج عقلية ومن خلال علية دقيقة.

والمسلمة الثانية هي مسلمة الوحدة. فالطبيعة كلها خاضعة لنفس القوانين الطبيعية، وكل شيء فيها هو جزء من خطة واحدة. وعلى الرغم من أن هذه المسلمة لم تختبر بعد في صورة نهائية، فقد أثبتت قيمتها الكبرى في الربط بين المراحل المختلفة للعلم الطبيعي بحيث تكون معاً نسقاً متكاملاً من المعرفة. وسوف ندرس هذه المسلمة بمزيد من التفصيل في فصل تال، إذ إنها ترتبط بالمشكلات البيولوجية.

أما المسلمة الثالثة فهي مسلمة البساطة، ومؤداها أن أبسط تفسير يتسق مع الملاحظات المتعلقة بالموضوع هو الصحيح على الأرجح. وهذه المسلمة قاعدة مبنية على الخبرة العملية، وقد أثبتت فائدتها الجملة.

ولكن مهما كان من أهميتها لنا من وجهة نظر الكفاية العملية، فإن من المستحيل اختبارها علمياً. وقد رأينا أن هذه المسلمة قد دفعتنا إلى استبعاد كثير من الأفكار الذاتية من مجال العلم.

وأما المسلمة الرابعة، القائلة إن هناك أسباباً للقياس، تكمن من وراء كل الظواهر التي يمكن ملاحظتها، فقد تحدثنا عنها بشيء من الإسهاب، وقد اتضح لنا أن فكرة العلة والمعاول هذه لا تقبل الاختبار في الحدود النهائية لمعرفتنا، ومن ثم فقد عدلت في السنوات الأخيرة. فتصورنا الحالي للعلة والمعاول هو تصور سلسلة ممتدة خاضعة للقواعد الإحصائية.

فإذا استحضرنا في أذهاننا هذه التفاصيل، أمكننا أن نقدم الآن للعلم تعريفاً في عبارة شكلية موجزة،فالعلم هو "ضرب من المعرفة الموضوعية المختبرة، نكتسبه ونبعث الوحدة فيه– من حيث المبدأ– بالمناهج الاستقرائية"ولم تكن الفصول الستة السابقة إلا تفسيراً لهذا التعريف. على أن من الملاحظ أن هذا التعريف الشكلي لطبيعة العلم لا ينبئنا بشيء عما ينطوي عليه البحث العلمي من إثارة وتحد، كما أنه لا يمكننا من إدراك الحدود الخاصة التي لا يستطيع العلم أن يتعداها.

إن حدود العلم هي حدود العالم المادي، وحيثما كان هناك تأثير متبادل، قابل للقياس، بين القوى الفيزيائية والأجسام المادية، يكون هناك موضوع يمكن أن تطبق عليه مناهج العلم وتصوراته.

على أن قدراً كبيراً من الفكر البشري والمعرفة البشرية لا يمكن،

بحكم طبيعته ذاتها، أن يندرج ضمن ذلك النسق من المعرفة، الذي نطلق عليه اسم العلم. ذلك لأن المعرفة العلمية، على قدر ما تتسم به من فعالية واتساع في نطاقها، تتصف بأنها لا شخصية، ولا تقدم بذاتها إجابات عن جميع الأسئلة التي تلح على عقل الإنسان.

فمطالب الإنسان العقلية من الطبيعة لا تقتصر على معرفة البناء الفيزيائي للكون، بل إن أسئلته الأيديولوجية مركزة في ذاته، وفي ذهنه المنقب الباحث عن المعرفة. وهو يشعر برغبة طاغية في استطلاع مشكلات الحياة والموت، والغاية، والحرية ويود أن يعلم إن كان وحيداً في الكون.وعلى هذه المسائل يبني فنونه وديانته وفلسفاته. فإذا كان في استطاعة العلم أن يعيننا على الاهتداء إلى إجابات عن الأسئلة التي تطرأ على أذهاننا حول أنفسنا وحياتنا، فلن تأتي هذه الإجابات إلا من علم البيولوجيا، لا من الفيزياء. ذلك لأن البيولوجيا هي علم الكائنات الحية؛ وقد لا تكون الألغاز الحقيقية في الكون كامنة في الذرة أو في الأطراف النائية للفضاء، وإنما في نبض الخلية الحية.

وإذن فلنواصل استكشافنا للعلم، ولنحول انتباهنا إلى علم الأحياء.

الفصل الثامن

العالم الحي

يجد الإنسان نفسه في عالم من الحياة، ويزخر كل ما حوله بالكائنات الحية. ففي التربة التي تطؤها أقدامه حياة، تتمثل في ألوف النباتات والحيوانات المجهرية، فضلاً عن الديدان والحشرات التي هي أكبر حجماً.وعلى سطح الأرض تعلو النباتات لتطاول السماء، حيثما وجدت التربة الرطبة. وعلى الهضاب الصخرية، حيث لا تصل التربة، تنتشر النباتات المتسلقة العنيدة المتشبثة. ومن قمم الجبال إلى أعمق الوديان، تسود الحياة جميع بقاع الأرض في رفعة وشموخ. ومن طبقات الجو الدنيا حتى أعمق أغوار المحيط، تشاهد عيوننا الحياة وتسمع آذاننا أصواتها. وفي الهواء، والماء، وفي التراب، وعلى الصخور، بل على أجسام الكائنات الحية الأخرى وفي داخلها، توجد مخلوقات يشتمل في كل منها لهيب الحياة، ويسعى كل منها ليجد له مكاناً في العالم الحي. وكل نوع من النبات والحيوان ملائم لطريقته الخاصة في الحياة، وهو يقضي عمره القصير يقتنص فرصة للحياة ولإنجاب آخرين من نوعه. فإذا أخفق في مواجهة هذا التحدي الذي لا يرحم،مات واختفى من فوق سطح الأرض، وجاء مخلوق آخر أقوى أو أقدر على التكيف منه، ليحتل مكانه أو موقعه في الطبيعة، وهذا هو ما نسميه بالتطور.

ويعد الإنسان واحداً من أقدر الكائنات الحية على التكيف، وهو شرف ربما كان يشاركه أياه رفيقاه الملازمان له، وهما الكلب والذبابة المنزلية ففي استطاعة الإنسان أن يعيش جماعة في أعالي الجبال، أو في القفار القطبية، أو الأحراش الاستوائية، أو في الصحراء الموحشة، كما تمكن الناس فرادى من أن يتغلغلوا في أعماق المحيط ويصلوا إلى أبعد أطراف الغلاف الجوي. فللإنسان إذن قدرة رائعة على التكيف– إلا مع الإنسان.

إن كل معارفنا المتراكمة عن الظواهر الفيزيائية وتركيب المادة لتؤتي ثمارها بقدر ما تؤدي إليه من فهم لعمليات الحياة. ذلك لأن الإنسان لا يجد الأسئلة التي تلح على ذهنه وتطوف في أحلامه إلا في الحياة الخاصة به. وهكذا يبدو أن القدرة على التغلب على عقم العالم الجامد الإحساس لا تكمن إلا في ظاهرة الحياة.ولولا تلك المعجزة الغامضة، معجزة الحياة لكان العالم خواء لا معنى له. ففي أعماق وجود كل كائن حي، لابد أن يكمن مفتاح سر الغاية والقيمة والمعنى والجمال. فالحياة هي بحق مركز الكون.

وفي عصر العلم هذا الذي نعيش فيه، نتطلع وكلنا أمل إلى المنهج العلمي وإلى البيولوجيا الحديثة لكي نهتدي إلى ما يمكن معرفته عن مجالات العالم الحي. ولاشك أن التفاصيل الفنية لكل ما نعرفه عن الكائنات العضوية والوظائف العضوية يمكن أن تملأ مجلدات، بل مكتبات كاملة. ولكننا لا تهدف في هذا الكتاب الصغير إلى الخوض في خلال التعقيدات الفنية الهائلة لهذا العلم، وإنما نود فقط أن نبحث في

المفاهيم العلمية للحياة والكائن العضوي. فهدفنا هو أن نعرف ما يستطيع العلم أن ينبئنا به عن ذلك الشيء الغامض المستعصي المسمى بالحياة، والذي يبدو أنه يؤدي إلى تقسيم العالم تقسيماً حاداً إلى ما هو حي وما هو غير حي. وسوف يؤدي بنا هذا البحث إلى مجالات متعددة، كما سنصادف بفضله كثيراً من الأفكار المثيرة. بل إننا سنستشعر شيئاً من قوة ذلك التحدي الرهيب الذي يواجه به العالم الحي ذهن الإنسان.

إن المرء عادة يتصور الكائن العضوي نوعاً من المخلوق الفرد، كالإنسان أو الطير أو النباتات أو المحار. ولما كان كائناً فردياً، فإنه يتصف بخصائص معينة في شكله وسلوكه، يجعل منه نوعاً معيناً من المخلوقات.وهذه الخصائص متوارثة من أسلافه، وهو يشترك فيها مع غيره من أفراد. غير أن لكل كائن عضوي، إلى جانب هذه الصفات الموروثة،سمات فردية تفرق بينه وبين كل الكائنات الحية الأخرى. وفي استطاعة كل من لديه كلب أو قط أليف، بل سمكة ذهبية، أن يدرك بسهولة الطابع الفردي لكل مخلوق. فهو يستقل من حيث الزمان والمكان والصفات الخاصة عن كل الباقين.بل إننا نميل، في تجربتنا اليومية مع الحيوانات الكبيرة، كالكلاب والخيول، إلى أن نضفي عليها انفعالات وعمليات عقلية كالغضب والحب والكراهية والتفكير وحرية الاختيار، وما إلى ذلك. أي أننا نميل إلى أن نتصورها كما نتصور أنفسنا– على أنها كائنات فردية، مستقلة في روحها وخلقها عن كل الموجودات الأخرى.

وهناك أيضاً اتفاق عام، بطبيعة الحال، على أن الحيوان يعتمد على بيئته ويتوقف عليها. فهو مهيأ تشريحياً وسلوكياً للحياة في الظروف التي تتيحها الأحوال الخاصة لبيئته. فلو شئنا أن نصطاد نوعاً معيناً من الحيوان فلابد لنا أن نفتش عنه في الأماكن الخاصة التي يرتادها. وهكذا يمكننا أن نتوقع أن نهتدي إلى الفأر في حقول العشب، وإلى السنجاب في الأشجار، وإلى الغزال في الغابات. ومع ذلك فإننا لا ننظر إلى المخلوق على أنه جزء من بيئته، ولا ننظر إلى البيئة على أنها جزء من الكائن العضوي، إذ إن بين الاثنين انفصالاً أساسيً.وعلى الرغم من أن سمكة الباص تعيش في بحيرة،فمن الممكن إبعادها عن البحيرة وتظل مع ذلك سمكة باص.

على أن الوصف الذي أوردناه فيما سبق إنما يعبر عن مفهوم الكائن العضوي في التجربة المعتادة، وهو المفهوم الذي يرى في الكائن العضوي شيئاً فردياً متميزاً، لديه هبة الحياة.وقد بدأت البيولوجيا بمثل هذه الفكرة العامة عن الكائنات الحية، ولكن هذه الفكرة تختلف اختلافاً كبيراً عن الصورة التي يكشف عنها العلم البيولوجي الحديث. فقد ابتعدنا في نواح متعددة عن الرأي الساذج، الشائع في حياتنا اليومية، شأننا شأن الرجل الذي امتطى جواده وسار به في كل الاتجاهات. فعلماء البيولوجيا قد استخدموا مناهج العلم وأفكاره بقوة وإصرار، من أجل اكتساب معلومات مفصلة عن كل أنوع المخلوقات الحية والعمليات الحيوية.

وأول سؤال يطرأ على الذهن في مستهل أية دراسة علمية عن

الحياة، هو السؤال عن طريقة خوض المشكلة، وليس هذا بالسؤال الهين. بل إنا ما زلنا في نواح عديدة تفتقر إلى الإجابة المرضية عنه. ففي دراستنا لأي كائن عضوي حي، يتعين علينا أن نبعث فيه قدراً من الخلل، وهو خلل ضروري من أجل القيام بأي نوع من القياس التجريبي. وقد يكون الخلل طفيفاً، وقد يصل إلى موت الكائن الحي. ففي الدراسات التشريعية يقتل الحيوان ويدرس شكله الميت. وفي معظم الدراسات الفسيولوجية والكيمائية الحيوية، يقتل الكائن العضوي وتدرس أنواع النشاط الفيزيائي والكيمائي للأنسجة والأعضاء الخاصة وتحلل. وتظل كثير من الأعضاء تؤدي عملها لمدة قصيرة على الأقل بعد "موت" الحيوان في مجموعه. فقلب الضفدعة أو السلحفاة أو الطائر مثلاً يمكن أن ينزع عن الحيوان ويظل يخفق فترة ما. فإذا ما حرصنا على الاحتفاظ بالشروط اللازمة من حيث الرطوبة والحرارة وتركيز الملح، فقد يظل القلب يدق ساعات طويلة. ولا شك أن هذا القلب المنفصل يفيد في دراسة فسيولوجيا القلب وتأثير المخدر، كما يفيد بوصفه أنموذجاً يعرض على الطلاب.

وهناك مثال آخر لجانب من جوانب الكائن العضوي يظل يؤدي عمله بعد موت الكائن العضوي، وهو عمل الإنزيمات. فخلايا الكائن الحي وأعضاؤه تحتوي على مجموعة هائلة من المواد الكيمائية. وهناك مجموعة من أكثر هذه المواد الكيمائية تعقيداً، هي التي تقوم بضبط سرعة العمليات الكيمائية التي تحدث في الأعضاء. هذه المواد الهامة الشديدة

التعقيد تسمى بالإنزيمات. وقد استطاع علماء الكيمياء الحيوية عزل عدد من الإنزيمات وبلورتها من خلايا النباتات والحيوانات وأعضائها. وكلما ازددنا تعمقاً في كيمياء الكائنات الحية، اهتدينا إلى المزيد من الإنزيمات. ولكن عدداً قليلاً من مئات الإنزيمات الموجودة هو الذي درس ب أي نوع من التفصيل. وكثير من هذه الإنزيمات، حتى لو ظلت لمدة سنوات على صورة بلورات جافة في زجاجة موضوعه على رف، تظل تقوم بعملها البيولوجي إذا عادت إلى بيئتها الفسيولوجية الأصلية.

ولكن هل كان القلب المنفصل حياً؟ وهل كانت الإنزيمات حية؟ لقد كانا يتصفان بالحياة بقدر ما كانا يؤديان عملهما. أما السؤال عما إذا كان يتصفان بالحياة بنفس المعنى الذي يكون به الكائن العضوي حياً، فذلك سؤال لا يمكن الإجابة عنه. ذلك لأن من العسير تعريف صفة الحياة، ولا يبدو أن "حياة" الكائن العضوي شيء ثابت. والواقع أن العملية الحية أعقد بكثير من أن تبحث على هذا النحو المتسرع. ولذا فلا بدلنا من أن نخوض المشكلة بطريقة ابسط وأكثر موضوعية.

إننا نعلم في تجربتنا العادية أن الكائنات العضوية الحية تختلف اختلافاً أساسياً عن الكائنات غير الحية، فلنبدأ بحثنا إذن بالتسليم بحقيقة الحية على أنه أمر واقع، ودراسة خواص الأشياء التي نسميها حية. وسوف تتيح لنا هذه الطريقة في معالجة الموضوع أن نخطو إلى الأمام في فهمنا للكائنات العضوية، وربما أدت بنا آخر الأمر إلى معرفة ذات قيمة بما

يمكن أن يطلق عليه اسم "ماهية الحياة". فهذه الطريقة في خوض المشكلة تتيح لنا مفهوماً عملياً للحياة، بوصفها خصائص الكائنات الحية فحسب. وكلما درسنا هذه الخصائص بطريقة علمية، وعرفنا كيف تؤدي وظائفها، أصبحت معرفتنا بالعالم الحي أفضل وأكمل.على أن هذه الطريقة في معالجة الموضوع، مهما كانت علمية وفعالة وضرورية، لا تؤدي إلا إلى معرفة "بالكائن العضوي"، وليس في استطاعتها أن تؤدي إلي مفهوم "الحياة" إلا كما تتمثل في الكائنات العضوية.

وقد يبدو لأول وهلة أن في هذا الإجراء شيئاً من السذاجة: إذ إننا نقوم فيه بتعريف الحياة من خلال ما تفعله الحياة، أي الصفات التي تتمثل في الكائنات العضوية. غير أننا لو فكرنا لحظة لأدركنا أن هذا هو بعينه ما ينبغي عمله في كل علم.فينبغي أن يكون ما هو معروف من الأشياء والحوادث مبنياً على ما تفعله هذه الأشياء، وعلى طريقة سلوكها. ولما كانت كل معرفة لنا عن هذه الأشياء لا تأتي إلا بالملاحظة والقياس، فلابد أن تكون هذه هي الوسيلة الوحيدة لتعريفها. فالفوتون، وهو الوحدة الفيزيائية للطاقة الضوئية، لا يمكن تعريفه إلا من خلال ما تفعله الفوتونات، أي الخصائص التي تكشف عنها الفوتونات. وهذا يصدق على كل ما في الطبيعة– من إلكترونات وأفيال وجراثيم وبقع شمسية.

والواقع أن الضرورة التي تقضي بتعريف الحياة من خلال الكائنات الحية، وكل الظواهر من خلال الظواهر الأخرى المتصلة بها، تمثل مظهراً

من أوضح مظاهر قصور المعرفة العلمية، ولكنها مع ذلك تتيح وسيلة بسيطة لجمع معرفة مفيدة عملياً. فهي تعرف مشكلة الحياة بطريقة نستطيع أن نستخدمها عملياً، وتتسق مع بناء العلم ومسلماته. وهي لا تنطوي على افتراض يقول إن المخلوقات الحية تتضمن خاصية لا يمكن قياسها، أو نفساً. ومن هنا فإنها لا تعيننا على حل مشكلة ما إذا كانت الكائنات الحية في أساسها أكثر من آلات معقدة، وهي مشكلة سوف تتعرض لها في فصل تال.

وقبل أن ندرس الكائنات الحية من أجل معرفة تلك الخصائص الأساسية للحياة، ينبغي أن نستقر على وسيلة للتمييز بين الحي وغير الحي، وبذلك يكون لدينا معيار للقياس، ونقطة بداية للبحث. ففي التجربة العادية يسهل التمييز بين المخلوقات الحية وغير الحية. وفي وسعنا أن نستخدم بعضاً من هذه الخصائص المعروفة وسيلة لتمييز الحياة بطريقة أولية خشنة. فنحن أولاً نعرف أن الكائنات الحية تستطيع الاستجابة لمختلف المنبهات، كالضوء واللمس والحرارة وغيرها.وفي استطاعة الحيوانات أن تستجيب بسرعة، كما يحدث عندما يستدير النبات ليواجه الشمس. وإلى جانب قدرة المخلوقات الحية على الاستجابة للظروف المتغيرة، فإنها تنمو وتتكاثر. ونحن نرى في كل مكان حولنا صغار الحيوانات، والبيض، والبذور، والأبواغ. وهكذا تنمو النباتات والحيوانات في الحجم وتزداد في العدد. ولكن لابد للاستجابة والنمو والتكاثر من

طاقة. فالطاقة لازمة للحركة ولأداء العمل ولبناء الأجسام. وإذن فالصفة العامة الثالثة للكائن العضوي هي أن يكون قادراً على الأيض، أي أن تكون لديه وسيلة للحصول على الطاقة من البيئة المحيطة به، بحيث يستطيع تحويل الطاقة الكيمائية التي يحتوي عليها غذاؤه إلى طاقة يستخدمها في الجري والتنفس والنمو وسائر أوجه نشاطه.

وبهذه الصفات الثلاث– الاستجابة، والتكاثر، والأيض – تصبح لدينا وسيلة للتمييز بين الحي وغير الحي بطريقة خشنة على الأقل. وللكائن العضوي صفة أخرى عظيمة الأهمية هي أنه جسم ينظم نفسه بنفسه، إذ تتآزر قدراته على الاستجابة والنمو والتكاثر والأيض، وتترابط كل العمليات الآلية والحيوية في الكائن العضوي في نسق واحد يعمل على الاحتفاظ بقدرة الكائن العضوي الكاملة المستمرة على أداء وظائفه.وتسمى هذه الصفة أحياناً باسم صفة الاحتفاظ بحالة متزنة. وهي تتضمن التكيف الداخلي اللازم للاحتفاظ بقدرة الجسم على الاستجابة للبيئة من أجل إحاطة نفسه بمؤثرات ملائمة. ويعد اتجاه الكائن العضوي إلى الاحتفاظ بحالة متزنة، صفة لا غناء عنها لبقائه، إذ إنها هي الوسيلة التي يحول بها الكائن العضوي دون تفكك البيئة. وللكائنات الحية صفة أخرى هامة، هي القدرة على التطور. فالنباتات والحيوانات لا تماثل الأجيال السابقة التي تولدت منها تماماً. والجيل الواحد لا يكون نسخة طبق الأصل من الجيل السابق، وإنما يحدث تعديل مستمر للصفات الموروثة،كما تحدث أيضاً

تغيرات فجائية، تسمى بالطفرات **Mutations**. وعن طريق الانتفاء الطبيعي للأفراد على أساس مدى تلاؤمهم،يؤدي هذا التعديل المستمر للصفات الموروثة إلى تطور نحو أفراد أكمل تكيفاً مع طريقة معينة في الحياة.ويعد حدوث الطفرات والقدرة على التطور سبباً لما نجده في الطبيعة من كثرة هائلة من الكائنات الحية.

فهناك ما يربو على مليون ونصف نوع مختلف من المخلوقات التي تعيش في الأرض. هذه الأنواع يتفاوت حجمها بين أشجار السيكويا الضخمة، وبين البكتيريا الميكروسكوبية، وبين الحيتان الزرقاء الهائلة وجراثيم الملاريا، بل والفيروسات التي هي أصغر منها حجماً. وإزاء هذه الكثرة الهائلة من صور وأشكال وأنواع الكائنات العضوية التي نتخذها موضوعاً لبحثنا، لابد أن تستبد بنا الحيرة إن لم نضع نظاماً معيناً يكفل لنا التعرف عليها. والواقع أنوضع نظام يجمع بين السهولة والنجاح العملي، ويكون وسيلة لتصنيف كل هذه الكائنات العضوية وتحديد هويتها، كان يمثل مشكلة ضخمة، ولم يتم التواصل إلى نظام مرض إلا في أواسط القرن الثامن عشر، حين وضع عالم بيولوجي سويدي اسمه كارل فون لينيه **Carl von Linnè** (وسمه المشهور هو لينايوس **Lianaeus**) النظام الذي لا يزال معمولاً به إلى اليوم. وكم من علماء بيولوجيين في الماضي والحاضر كرسوا حياتهم كلها للبحث في طريقة تحديد هوية وأسماء النباتات والحيوانات وتصنيفها. ويطلق على هذا الفرع من البيولوجيا اسم

"علم تصنيف الأحياء **Taxonomy**"، وإن كان الاسم الحديث "علم التصنيف المنظم **Systematics**" يقدم وصفاً أفضل لما يقوم به علماء البيولوجيا بالفعل.

إن الكائنات الحية تنقسم إلى مملكتين بيولوجيتين: المملكة النباتية والمملكة الحيوانية. وهذا التقسيم ممكن في كل الحالات، فيما عدا القليل منها، إذ أن هناك عدداً من الكائنات العضوية الصغيرة جداً، تتمثل فيها خواص النباتات والحيوانات معاً، وهذه تمثل أنواعاً وسطى، وتدل على أن النباتات والحيوانات ربما كانت لها نقطة بداية متماثلة. وأولى الفئات الكبرى في المملكتين النباتية والحيوانية يطلق عليها اسم شعب **Phyla**. فالحيوانات تقسم إلى شعب تبعاً لشكلها الجسمي العام وطريقة تنظيم أعضائها. وهكذا فإن كل لحيوانات ذوات الخلية الواحدة تنتمي إلى شعبة البروتوزا. أما السمك الهلامي وكل الأنواع القريبة منه فهي تنتمي إلى شعبة أخرى؛ والإخطبوط والمحار ينتميان إلى شعبة أخرى، والحشرات والعناكب واللوبستر (الأستاكوز) إلى غيرها، وهكذا دواليك. وهناك ما يقرب من أربع وعشرين من هذه الفئات الرئيسية المسماة بالشعب. وفي داخل الشعبة الواحدة، تتفاوت الأشكال تفاوتاً كبيراً. ففي حالة الشعبة المسماة بالحبليات **Chordata**، مثلاً، نجدها تتضمن كل الحيوانات الفقارية– كأسماك القرش وأنواع السلاحف والطيور والإنسان. وتنقسم الشعبة إلى طوائف **Classes**، ففي داخل شعبة الحبليات، توضع الأسماك

في طائفة، والضفادع في طائفة أخرى، والطيور في طائفة ثالثة وهكذا. وينتمي الإنسان وكل الثدييات الأخرى إلى طائفة الثدييات **Mammalia**. ثم تقسم الطوائف إلى رتب **Orders**، والرتب إلى فصائل **Families**، والفصائل إلى أجناس**Genera** والأجناس إلى أنواع **Species**.

ولنظام التصنيف هذا غرضان: أحدهما هو مجرد التيسير، إذ يطلق اسم معين على كل نبات وكل حيوان يعرفه الإنسان، ويكون هذا الاسم العلمي وسيلة للتعرف عليه في أي مكان من العالم. والغرض الثاني لنظام التصنيف هو بيان الطريقة التي يعتقد أن الأنواع المختلفة ترتبط بها فيما بينها. فهدف التصنيف البيولوجي هو تنظيم كل الحيوانات والنباتات في شجرة نسب ضخمة، وبذلك يكون علم التصنيف متعلقاً بتحديد نسب الأحياء على الأرض، فضلاً عن تبويبهم.

* * *

وتدل فكرة وضع نظام واحد للتصنيف، يوضح الصلة التي تربط بين الكائنات الحية المختلفة، على أننا نعتقد بوجود وحدة بين مختلف أشكال الحياة. وهذا مبدأ أساسي في علم البيولوجيا. وهو يبلغ من اتساع النطاق والأهمية حداً يجعله بمثابة الدعامة الرئيسية التي ترتكز عليها النظريات البيولوجية الأخرى.

والواقع أن مفهوم التطور بأسره إنما يرتكز على الفكرة القائلة إن الكثرة الهائلة التي تتصف بها الحياة على الأرض في أيامنا هذه، قد تطورت من

أشكال أقل وأبسط، كانت تعيش منذ مئات الملايين من السنين. فالتطور بالانتقاء الطبيعي أو بأية وسيلة أخرى ينطوي صمتاً على قبول للفكرة القائلة إن الأنواع النباتية المختلفة، وكذلك الأنواع الحيوانية المختلفة، يرتبط بعضها ببعض من بعيد على الأقل. ولعلنا نذكر ما قلناه في أحد الفصول السابقة من أن مبدأ التولد الحيوي ينص على أن كل حياة لا تأتي إلا من حياة سابقة. وهذا يعني أن الحياة ظلت مستمرة عبر العصور،فلابد أن يكون انتشارها وتنوعها الهائل على الأرض راجعاً إلى التكيف والتكاثر.

وإنا لنجد أن الاعتقاد بالتشابه الأساسي لكل الكائنات العضوية الحية، يكون أساساً للأبحاث التي تجري في ميدان الصيدلة وعلم وظائف الأعضاء. فعندما نجرب العقاقير والسموم على الفيران من أجل تكوين فكرة عن تأثيراتها المحتملة في البشر،يكون معنى ذلك أننا نسلم ضمناً بأن الفأر مشابه للإنسان على نحو ما. كذلك فإن اللقاحات والأمصال تستخدم في وقاية الرجال والنساء والأطفال من الأمراض. وهذه المواد الوقائية يمكن الحصول عليها باستخدام البيض والأرانب والخيول والقرود. ذلك لأن الأجسام المضادة التي تكونها هذه الحيوانات تعطي الجسم البشري قوة دافعة تساعده على تكوين أجسامه المضادة الخاصة. فلابد إذن أن تكون الأساليب الدفاعية العامة في البيض والأرانب والخيول والقرود مشابهة أساساً لنظائرها في الإنسان، إذ لو كان الأمر على خلاف ذلك لما نجحت أساليب الإنتاج والتجريب هذه.

ولقد جمعت كمية هائلة من المعلومات العلمية حول موضوع التغذية، وأدى تطبيق هذه المعلومات على مشكلات التغذية البشرية إلى حدوث تحسين كبير في الصحة وتقدم في رفاهية الإنسان خلال الجيلين أو الأجيال الثلاثة الماضية. على أن التجارب التي استخلصت منها هذه المعلومات لم تجر على البشر، وإنما أجريت على الحيوانات– كالدواجن والفيران وخنازير غينيا والكلاب. وكان يتضح عادة أن النتائج التي تم التوصل إليها بشأن الحاجات الغذائية لهذه الحيوانات تنطبق على التغذية البشرية في نفس الوقت.

والواقع أن كل الكائنات العضوية الحيوانية تواجه نفس المشكلة فيما يتعلق بالاحتفاظ بتناسق أعضائها الجسمية وقدرتها الكاملة على أداء وظائفها. ويبدو أن هناك وظائف عضوية معينة لازمة لحفظ الكائن العضوي بوجه عام، بغض النظر عن طريقته الخاصة في الحياة. فلابد أن تكون لكل حيوان وسيلة للحصول على الغذاء، ثم وسيلة لهضمه والانتفاع منه. ولابد أن يكون لديه جهاز للتخلص من فضلاته. كما ينبغي أن يكون له جهاز يقوم بمهمة التآزر ووسيلة للتناسل، إلخ.

وقد يختلف التركيب أو التشريح الذي توجه به هذه الحاجات من نوع آخر، ومع ذلك فلابد أن تكون لكل كائن عضوي وسيلة لتلبية هذه الحاجات. ومهما اختلف تنظيم الحيوانات الشديدة التباين، فإن من الواجب أن تؤدي كل من هذه الوظائف بقدر من الفعالية يتيح للنوع أن

يستمر، جيلاً بعد جيل. وقد تكون هذه الحاجات بسيطة في حيوان ذي خلية واحدة، غير أن طابعها العام واحد. ذلك لأنه إذا كان لنا الحق في القول بوجود وحدة بين الكائنات العضوية، وبأنها متشابهة أساساً في عملياتها، فلابد أن يكون هناك تشابه ملحوظ في التفاصيل الوظيفية لأجهزتها العضوية.

فلندرس هذه الفكرة بالمقارنة بين شكلين حيوانيين يختلفان اختلافاً كبيراً في تشريحها وتصنيفهما وطريقتهما في الحياة. وسنقارن في هذا الصدد بين أحد الحيوانات الثديية وبين حشرة، أو على وجه الدقة بين الكلب والصرصار. فكل من هذين حيوان ناجح عملياً إلى حد بعيد. كما أن كلا منهما لا يتبع طريقة في الحياة بالتخصص المفرط. وكل منهما منتشر في جميع أرجاء العالم. والكلب حيوان له هيكل عظمي داخلي، وعمود فقري، وحبل شوكي عصبي، وتلك كلها خصائص تجعله ينتمي إلى شعبة الحبليات. أما الصرصار فإن حبله العصبي يمتد على طول بطنه، وله هيكل خارجي شبه صدفي، وأطرف مفصلية. وهو بفضل هذه الصفات ينتمي إلى شعبة المفصليات **Arthropoda**. وللكلب فراء، ودم حار، وهو يرضع صغاره؛ فهو ينتمي إلى طائفة الثدييات. أما الصرصار فله ست أرجل وزوج من قرون الاستشعار، وبذلك ينتمي إلى طائفة الحشرات. ولسنا بحاجة إلى الإشارة إلى كل الفوارق التشريحية الأخرى بين الكلب والصرصار، وإنما الأهم بالنسبة إلى غرضنا الحالي أن نوضح أوجه الشبه

والاختلاف في شكل بعض أجهزتهما العضوية الحيوية وطريقة أدائها لوظيفتها.

الأيض Metabolism

هناك تشابه بين الجهاز التنفسي للكلب وبين نظائره في الثدييات الأخرى. فهو يستنشق الهواء من رئتيه، ويمتص الأكسجين الذي يحتوي عليه هواء الشهيق. ويتم هذا الامتصاص بواسطة الصبغة الحمراء في الدم.ويقوم الجهاز الدوري، المؤلف من القلب والشرايين والشعيرات الدموية والأوردة، بتوزيع الدم الحامل للأكسجين على جميع أجزاء الجسم. أما ثاني أكسيد الكربون، وهو من فضلات نواتج التنفس، فيحمله الدم من كل أجزاء الجسم، ليعود به إلى الرئتين، حيث يخرج في الزفير. أما الصرصار فله، كالحشرات الأخرى، جهاز تنفسي مختلف تماماً. فليست لديه رئتان، ومجرى الدم لا يحمل الأكسجين ولا ثاني أكسيد الكوبون، بل إن الصرصار مزود بشبكة من الأنابيب المفرغة التي تتفرع في جميع أجزاء جسمه. وجهاز الأنابيب المفرغة هذا مفتوح على الهواء الخارجي عند سلسلة من الفتحات الشبيهة بفتحات السفن، على طول كل جانب من جسمه، ومن خلال هذه الفتحات الجانبية يدخل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون ويخرجان، ويساعد على ذلك إلى حد ما مشى الصرصار وجريه وحركاته الأخرى. مثل هذا النظام في التهوية ناجح تماماً بالنسبة إلى مخلوق صغير، ولكنه لا يصلح لمواجهة حاجات حيوان له حجم الكلب.

إن كل كائن عضوي، صغيراً كان أم كبيراً، لابد أن تكون لديه وسيلة للحصول على الأكسجين. وكلما كان الحيوان أصغر، كان جهازه التنفسي أبسط. فللثدييات جهاز تنفسي فعال أبعد حد، وذلك بفضل رئاتها الأسفنجية المعقدة وجهازها الدوري المتطور. وهناك وسيلة أخرى للقيام بهذه المهمة، هي خياشيم السمكة، ولكن التنفس يحدث في هذه الحالة في بيئة مختلفة كل الاختلاف. وفي حالة الحشرات، تقوم شبكة الأنابيب الهوائية المفرغة، وهي جهاز الأنابيب التنفسية **Tracheal System**، بأداء هذا الغرض نفسه. ولاشك في أن جهاز الأنابيب التنفسية لا يتصف بنفس فعالية الجهاز الرئوي، أو حتى خياشيم الأسماك. كما أن الأجهزة التنفسية للحشرات تحتم عليها أن تظل على الدوام منتمية إلى فئة الحيوانات الصغيرة. وعلى أية حال فالوظيفة التي تؤديها الرئتان والخياشيم والأنابيب التنفسية واحدة في كل حالة، وهي تقديم الأكسجين اللازم للاحتفاظ بحياة الخلايا والأنسجة. أما الفوارق بين الجهازين التنفسيين للكلب والصرصار فلا تبدو إلا مجرد تفاصيل في التركيب فحسب.

ويحتاج الكلب والصرصار معاً إلى وسيلة لتبادل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بين جسميهما وبين الهواء الخارجي. وبناء على ذلك فقد يظن المرء أن طريقة انتفاعهم من الأكسجين في جسميهما متشابهة بدورها. وتعرف العملية التي يستخدم بها الحيوان لأكسجين باسم "الأيض التنفسي **Respiratory metabolism**"، ومن الممكن أيضاً أن يطلق

عليها "الأيض المولد للطاقة **Energetic metabolism**"، إذ إنها هي الوسيلة التي يحصل بها الكائن العضوي على الطاقة اللازمة لقيامه بأوجه نشاطه. وتستمد الطاقة من المواد الغذائية التي يستهلكها الحيوان بعملية أكسدة، أي أنها تستخدم الأكسجين. فالأكسدة تفاعل كيمائي منتج للطاقة. وأبسط أمثلة الأكسدة هو النار، والطاقة التي تنطلق منها هي الحرارة. فإذا وضعت شمعة مضاءة في زجاجة مسدودة، انطفأ اللهب بعد أن يستهلك الأكسجين الموجود في كمية الهواء الصغيرة. وكذلك الحال في الحيوان، وإن لم يكن الأيض التنفسي في الحيوان على نفس القدر من البساطة أو الخشونة التي يتصف بها في حالة لهب الشمعة. غير أنه يماثله في كونه عملية أكسدة منتجة للطاقة. والواقع أن الأيض التنفسي عملية شديدة التعقيد، وعلى الرغم من أنها درست وبحثت بتوسع هائل، فما زال أمامنا أن نعرف عنها الكثير. وعلى أية حال فإن مئات الألوف من ساعات البحث التي خصصت لهذا الموضوع، قد أسفرت عن مفهوم للأيض يعد من مفاخر التفكير العلمي.

إن قصة الأيض التنفسي لابد أن تبدأ بالغذاء الذي يحتاج إليه الحيوان، إذ إن الحاجات الغذائية هي التي ترشدنا إلى المواد الخام اللازمة لإبقاء نار الأيض مشتعلة. فإذا عدنا إلى المقارنة التي عقدناها بين الكلب والصرصار، ووجدنا أن التشابه بين حاجتهما الغذائية يدعو إلى الدهشة بحق. فالكلب في العادة حيوان من أكلة اللحوم، والصرصار يتغذى غذاء

عاماً، أي أنه يأكل مجموعة متنوعة من المواد النباتية والحيوانية. غير أن الفرق الفعلي بينهما ضئيل جداً، فعندما تجري عليها تجارب في التغذية، نجد أن احتياجاتهما الأساسية إلى أغذية الطاقة (أي المواد الكربوايدرانية والدهنية) وإلى البروتينات التي تبني أنسجة الجسم تكاد تكون واحدة. بل إن عملياتها لهضمية متشابهة. على أن هذه المساواة في الحاجات الغذائية لا تقتصر على الكلب والصرصار وحدهما، وإنما تبين وجودها في كل نوع حيوني أجريت عنه دراسة. صحيح أنه قد ظهرت فوارق ضئيلة في الحاجات الغذائية بين الحيوانات المختلفة، ولكن يبدو أن هذه الفوارق متعلقة بحاجات ثانوية متخصصة.

ولقد أولت الدراسات الحديثة في التغذية اهتماماً كبيراً للفيتامينات، ودرست الحاجات المفصلة لعدد كبير من أنواع الحيوانات المتباينة إلى الفيتامينات بتوسع وتعمق وإذا كانت معرفتنا بحاجات بعض المجموعات الحيوانية إلى الفيتامينات مازالت شحيحة، فإن ما درس بالفعل يكفي لكي يتيح لنا استخلاص نمط عام مشترك. والواقع أن معرفتنا بحاجات الثدييات والطيور والحشرات إلى الفيتامينات أكمل من معرفتنا بحاجات الأنواع الأخرى من الحيوانات. وقد ظهر بوضوح أنها كلها تحتاج أساساً إلى نفس المجموعة من الفيتامينات. وإذن فحاجات الكلب والصرصار إلى الفيتامينات متشابهة إلى حد بعيد.

إن هناك أحد عشر فيتاميناً معروفاً من مجموعة ب المركب. وقد

اتضح أن خمسة منها لازمة في غذاء جميع الحيوانات التي درست، أما الستة الأخرى فبعضها لازم لغذاء حيوان معين، ولكنه لا يلزم لغذاء حيوان من نوع آخر. وفي بعض الأحيان تقوم الكائنات العضوية الدقيقة التي تعيش في أمعاء الحيوان بصنع بعض الفيتامينات، ويحصل عليها بهذه الطريقة. وقد اتضح أن في استطاعة عدد قليل من الحيوانات أن تصنع بأنفسها فيتاميناً واحداً أو اثنين. ومع ذلك فلابد أن تتاح لأنسجة جسم الحيوان وأعضائه، بهذه الطريقة أو تلك، عشرة على الأقل من الفيتامينات الأحد عشر التي تكون مجموعة ب المركب. فالحشرات، والطيور، والثدييات، والأسماك والقواقع، أو أي حيوان يخطر ببالك، كلها تحتاج إلى فيتامينات ب نفسها.

والواقع أن تشابه الحاجات الغذائية للكلاب والصراصير وكل الحيوانات الأخرى يؤدي إلى تأييد الفكرة القائلة إن كل أشكال الحياة تشترك في صفات متعددة. فحاجة الحيوانات جميعاً إلى فيتامينات ب تدل على أن هذه المواد الكيمائية الخاصة تقوم بالضرورة بدور عظيم الأهمية في حفظ الحياة. وقد تكون هناك، في حاجة جميع الحيوانات إلى فيتامينات الأحد عشر، رابطة من المساواة تجمع كل أشكال الحياة على سطح الأرض. ولو استطعنا أن نحدد بدقة وظيفة هذه الفيتامينات في أداء الكائن العضوي لعملياته الحيوية، فربما استطعنا أن نهتدي إلى الكثير عن عمليات الحياة الغامضة، وأن نعمق فهمنا العلمي لطبيعة الكائن العضوي.

وإذن، فلنمض أبعد بقليل في هذا الاتجاه من اتجاهات البحث، إذ أنه سيقودنا مرة أخرى إلى الأيض التنفسي، وسيتيح لنا تكوين صورة محكمة إلى حد معقول، عن الطريقة التي تحصل بها الحيوانات على الطاقة اللازمة لمواجهة تحدي الاستمرار في الحياة، وعن الطريقة التي تستخدم بها الحيوانات هذه الطاقة.

بدأ البحث في الفيتامينات جدياً في الفترة الواقعة بين عام ١٩١٠ و ١٩٢٠. وقد ظن الباحثون أن أول فيتامين توصلوا إليه هو من تلك الفئة الخاصة من المواد الكيمائية المسماة "بالأمين **Amine**". كذلك كان يعتقد أنه أساسي تماماً للحياة. ولهذين السببين أطلق عليه اسم "الأمين الحيوي **vital Amine**"، وأدى هذا التعبير الإنجليزي إلى ظهور لفظ "فيتامين **Vitamine**"، ثم اختصرت الكتابة الإنجليزية لهذا اللفظ فأصبحت "**Vitamin**". ومنذ ذلك الوقت، لم تتوقف الأبحاث المتعمقة الناجحة عن الفيتامينات. وسرعان ما بدأ علماء البيولوجيا والكيمياء الحيوية يدركون أنهم على وشك اكتشاف شيء له أهميته الهائلة بالنسبة إلى المعرفة البشرية وسعادة الإنسان. فقد أدرك العلماء، حتى في جو الإثارة الذي كانت تبعثه الكشوف الأولى، أن الفيتامينات مختلفة عن المواد الغذائية الأخرى. فهي لا تلزم في الغذاء إلا بمقادير ضئيلة جداً. والواقع أن الكميات اللازمة منها أصغر بكثير من أن تسمح للمرء بالاعتقاد بأن من الممكن تفتيتها وهضمها كالأنواع الأخرى من الطعام.

وهي قد بدت في نظرهم مواد أساسية من نوع ما، وإن لم تكن قد تكونت في أذهان الباحثين الأوائل فكرة عن عددها وأهميتها الشاملة. والأمر الذي لم يكن مفهوماً هو الطريقة التي تتداخل بها الفيتامينات في تركيب الحيوان، والمكان الذي تندمج فيه. ولكن الكشوف التي أسفرت عنها الأبحاث التي أجريت عن الأيض التنفسي قد ألقت ضوءاً جديداً على المشكلة.

فلقد كان علماء البيولوجيا والكيمياء الحيوية المهتمون بالأيض التنفسي يعلمون، منذ وقت ما، إن الإنزيمات تساعد العمليات الأيضية وتضبطها. والإنزيمات جزئيات بروتينية كبيرة جداً وشديدة التعقيد، ولا توجد إلا في الكائنات الحية. وهي تؤدي وظائف متخصصة جداً، كما أنها أساسية لحياة الكائن العضوي إلى أبعد حد. فهي تجعل بعض التفاعلات الكيميائية تحدث بسرعة وبمعدل منضبط. ولولا الإنزيمات لحدثت هذه العمليات الكيميائية بقدر من البطء لا يسمح بحفظ الحياة. ويبدو أن خلايا النبات والحيوان مليئة بإنزيمات مختلفة، لكل منها عمل كيمائي محدد يؤديه. وتتوقف حياة الكائن العضوي على قيام أنزيماته الكثيرة بأعمالها بطريقة مستمرة ومتآزرة. وقد اكتشف الباحثون الذين يدرسون طبيعة الإنزيمات ووظائفها أن الكثير منها هي بالفعل أكثر من أن تكون بروتيناً كبيراً فحسب. فقد وجدوا أنها تشتمل، إلى جانب جزء البروتين الضخم، على جزء صغير ملحق بالأول. كما اتضح لهم أن الجزء الصغير

لا يقل أهمية عن جزئ البروتين الكبير بالنسبة إلى العمل الفعلي للإنزيم. وقد أطلق على هذا الجزء الصغير اسم "الإنزيم المرفق **Coenzyme**". وتبين أن هذه الإنزيمات المرافقة هي أنواع من المواد الكيمائية تختلف باختلاف الحالات، وذلك تبعاً لنوع الإنزيم. وأكثر ما يهمنا في بحثنا هذا هو أن الإنزيمات المرافقة قد تبين أنها تقوم بدور عظيم الأهمية في الأيض التنفسي.

وبعد فترة من البحث المعقد، الذي كن محيرً جداً في بعض الأحيان، في موضوع الإنزيمات المرافقة، أمكن في النهاية تحديد هوية واحدة منها، وتبين أنه مادة كيمائية تسمى "ريبوفلافين **Riboflavin**". وبهذا الكشف، نعود مرة أخرى إلى قصة الفيتامينات، إذ إن الريبوفلافين ليس إلا فيتامين ب٢. وقد تم تحديد هوية الريبوفلافين على أنه إنزيم مرافق في عام ١٩٣٤، وفي خلال ثلاث سنوات تبين أن فيتامين ب١ والنياسين **Niacin** (وهو فيتامين آخر من المجموعة ب) يقومان بدورهما بعمل الإنزيمات المرافقة في الأيض التنفسي. كما اتضح أن لهما نفس الخصائص المميزة في كل كائن حي أجريت عليه دراسة، سواء أكان حيواناً أم نباتاً، وكلباً أم صرصوراً.

والواقع أن ما عرف عن الأيض التنفسي أعمق بكثير من أن نناقش تفاصيله في هذا المقام. والمقصود بالأيض التنفسي، بطبيعة الحال، هو سلسلة العمليات الكيمائية التي تقوم فيها الخلايا والأنسجة بتحويل الطاقة الموجودة في الغذاء إلى أشكال الطاقة اللازمة للعمل العضلي وجميع

ضروب النشاط الأخرى للحيوان. وعلى الرغم من أننا لم نقترب بعد من معرفة كل ما ينبغي معرفته عن هذه العمليات، فقد ظهر بوضوح أنها متشابهة تشابهاً أساسياً في جميع الكائنات العضوية. وليس هذا التشابه في حاجات حيوانات تختلف اختلافاً هائلاً إلى الفيتامينات، وفي الوظائف التي تؤديها الفيتامينات في هذه الحيوانات، سوى مثل واحد لظاهرة وجدت لها أمثلة عديدة أخرى.

وهكذا فإن بحثنا في البيولوجيا، ودراستنا لمفهوم واحد من المفاهيم التي تكون الكائن العضوي، قد أدت بنا إلى فهم عنصر هام؛ فقد اتضح لنا أن هناك رابطة من الوحدة تجمع بين العالم الحي كله، ورأينا أن الأشكال المختلفة للحياة الحيوانية لها نفس الحاجات من الأكسوجين والغذاء والفيتامينات. وهي تستخدم هذه الأشياء بنفس الطرق في الحصول على الطاقة التي تلزمها لكي تقوم بأعمالها وتحتفظ بحياتها على سطح الأرض. وفي وسعنا أن نشبه الأيض التنفسي بآلة تستخدم الطعام وقوداً وتمد الكائن العضوي بالطاقة اللازمة لتشغيل أجهزته. غير أن الكائن العضوي في مجموعه هو قطعاً أكثر من مجرد عملية الأيض التي تتم فيداخله. ففي استطاعتنا أن نجري تفاعلات كيمائية كثيرة تنتمي إلى عملية الأيض داخل أنبوبة اختبار، ولكنا لا نعتقد أننا بذلك قد خلقنا كائناً عضوياً. فلابد إذن أن نبحث عن الفروق بين الإنسان والحيوان والحشرة بطريقة أخرى غير دراسة تفاصيل التنفس والغذاء والأيض.

الاستجابة المتآزرة Coordinated response

ليس الأيض إلا صفة واحدة من الصفات التي فرقنا بواسطتها بين الحي وغير الحي في بداية هذا الفصل. وقد أشرنا عندئذ إلى صفتين أخريين للكائن العضوي، هما الاستجابة والتكاثر. فلننتقل إذن إلى بحث قدرة الكائن العضوي على الاستجابة. ولكي تؤدي الاستجابة إلى رد فعل أو تكيف فعال، فلابد لها من أن تتضمن قدراً معيناً من التآزر **Coordination**. وهناك على الأقل نوعان من التآزر لازمان لحياة الحيوان ونشاطه: النوع الأول هو التآزر الداخلي. إذ إن من الضروري ن تتآزر مختلف الأجهزة العضوية في أدائها لوظيفتها، حتى يستطيع الحيوان أن يعيش بوصفه وحدة متكاملة. ولابد أن يكون في حالة استعداد داخلي للاستجابة لما يحدث في عالمه الخارجي على نحو هادف. وهذا يؤدي بنا إلى النوع الخارجي من التآزر،وهو ذلك الذي يقوم بين الحيوان وبيئته. فلابد أن تكون للحيوان وسيلة يكتشف بها ذلك التنوع الهائل من المناظر والأصوات والروائح والطعوم والملموسات التي تأتي إليه، ويستجيب لها. هذان النوعان من النشاط المتآزر يقوم بهما جهازان عضويان بينهما تعاون وثيق. فتكامل الحالات الداخلية يتم أساساً بواسطة الجهاز العضوي للغدد الصماء **Endocrine**. وقدرة الكائن العضوي على الاستجابة للأشياء الواقعة في بيئته الخارجية تخضع لتحكم الجهاز "العصبي".

والجهاز العصبي هو أعقد الأجهزة العضوية جميعاً، وأشدها غموضاً

وأصعبها فهماً. وقد تكون الإجابات عن أسئلتنا المتعلقة بطبيعة الذهن والوعي والذكاء والغريزة كامنة في متاهاته المعقدة. وهناك اتفاق كامل بين معظم علماء البيولوجيا على أن كل سلوك قابل للتفسير آخر الأمر على أساس نشاط الجهاز العصبي للحيوان، والمعتقد أن الفروق بين الإنسان وغيره من المخلوقات إنما تكمن في التطور الهائل الذي طرأ على المخ البشري، وهو مركز الجهاز العصبي للإنسان.

والأعصاب ألياف رقيقة تتشابك لتكون جهازاً ممتداً في كل الاتجاهات، يربط كل جزء من الجسم بكل جزء آخر. وتتميز الخلايا العصبية بأنها دقيقة التخصص في تركيبها ووظائفها. فهي متخصصة في نقل الإشارات من الأعضاء الحسية إلى المخ ومن المخ إلى العضلات والأعضاء الأخرى. وعلى أساس مسار هذه الإشارات– أو الدفعات Impulses، إذا شئنا أن نستخدم تعبيراً فنياً– وكذلك على أساس طريقة استخدمها، تتحدد قدرة الحيوان على الاستجابة. والواقع أن الدفعة العصبية هي في ذاتها ظاهرة غاية في الطرفة، فهي تغير كيمائي معقد ينتشر بطريقة متموجة على طول العصب. ومن الممكن تتبع حركته ومساره بأدوات تسجيل مناسبة، وهو في عمله شبه بالإشارة الكهربائية.

وفي وسعنا أن نتخذ من الدبوس مثلاً لمنبه بسيط والنتائج المترتبة عليه. فلنفرض أننا استخدمنا الدبوس في وخز جلد كلب. ولاشك أن الكلب سوف يستجيب لهذا المنبه بالطبع. فدخول الدبوس في الجلد

يسبب اضطراباً للأعضاء الحسية الموجودة في هذا الموضع، هذا الاضطراب يؤدي إلى حدوث تغيير كيمائي وكهربائي في الأعضاء الحسية. ويبدأ هذا التغير الكيمائي الكهربائي في عضو حسي، ثم ينتقل من خلال العصب إلى بقية أجزاء جسم الكلب. وهو يسرى على طول لأعصاب كأنه موجة، وعندئذ نسميه دفعة عصبية. وعندما تمر الدفعة العصبية على طول عصب يؤدي إلى عضلة، فإنها تجعل هذه العضلة تعمل على نحو معين.

ولو لم يكن الجهاز العصبي للكلب إلا شبكة من الألياف العصبية تمتد خلال الجسم بأسره، لأدت وخزة الدبوس إلى دفعة منتشرة. ومعنى ذلك أن انسياب الدفعة خلال الشبكة العصبية يؤدي إلى تقلص كل العضلات، واستجابة الجسم بأكمله. وهذا بعينه ما يحدث في الحيوانات الدنيا، مثل الأسماك الهلامية **Jelly Fish**: فلهذه السمكة جهاز عصبي هو مجرد شبكة من الأعصاب. أما الكلب فهو بالطبع لا يستجيب بهذه الطريقة، بل قد تصدر عنه أية استجابة من بين مجموعة محددة من الاستجابات: فهو قد يتراجع، أو ينبح، أو يزوم، أو يعض، أو يجري، أو يجمع بين أكثر من مظهر واحد من هذه المظاهر السلوكية المألوفة لدى الكلاب.

والسبب الذي يجعل سلوك الكلب أعقد من سلوك السمكة الهلامية هو أن جهازه العصبي أعقد وأعلى تنظيماً من جهازها. فبدلاً من أن يكون مؤلفاً من شبكة بسيطة فحسب، نراه منظماً على نحو يتيح التمييز بين الدفعات العصبية ثم توجيهها إلى أجزاء مختارة من الجسم.

ويقوم المخ والحبل الشوكي بعملية التمييز والتوجيه هذه، وهما معاً يؤلفان ما يسمى "بالجهاز العصبي المركزي". وتقوم الأعصاب الآتية من الأعضاء الحسية بتوصل دفعاتها إلى الجهاز العصبي المركزي، كالحبل الشوكي مثلاً، ثم تنتقل الدفعة، داخل الحبل الشوكي، إلى خلايا عصبية متخصصة أخرى. وتقوم هذه الخلايا بنقل الدفعات إلى المخ، وكذلك إلى مسالك عصبية أخرى. وفي المخ قد تتحول الدفعة إلى شعاب متفرقة. ومن المؤسف أن معلوماتنا حتى الآن مازالت شحيحة تماماً عن الطريقة التي يتم بها كل هذا التمييز والتوجيه للدفعات العصبية. ولكن إذا كان هناك مدخل إلى فهم السلوك الحيواني يستطيع البحث العلمي أن يصل إليه، فأغلب الظن أن هذا المدخل إنما يكمن في هذه العملية. وتتوقف سرعة تحول الدفعة العصبية المعينة إلى ممر عصبي خاص، على خبرة الحيوان وتدريبه وغرائزه. ويبدو أن الغرائز ما هي إلا ممرات أو مسالك عصبية موروثة معينة.

ولنعد مرة أخرى إلى الكلب الذي عكرنا مزاجه بالدبوس. وسنجد أن أول ما نلاحظه هو أن الكلب سيتراجع أو يقفز قفزة بسيطة. وهذا فعل منعكس: أي أن الدفعة العصبية انتقلت من الجلد إلى الحبل الشوكي، ومنه إلى العضلات مباشرة، دون أية إشارات معقدة من المخ. وكل من لمس شيئاً ساخناً بدون قصد منه، يحدث له فعل منعكس شوكي بسيط. فاليد التي تمس الشيء الساخن تتباعد عنه على الفور بحركة آلية لا تحتاج إلى تفكير أو فرار. غير أننا أحسسنا أيضاً بأن الشيء ساخن، فلابد

إذن أن تكون الدفعة العصبية قد أرسلت إلى المخ. وهذا ما حدث في حالة الكلب بدوره: فقد كان التراجع استجابة منعكسة لمضايقة بسيطة. وبعد ذلك قد يكتفي الكلب بالنظر حوله بحثاً عن مصدر المضايقة. مثل هذا العمل، إذا حدث، يكون ناتجاً عن دفعات عصبية آتية من المخ. أما الطريقة التي يستجيب بها الكلب بعد ذلك فتتوقف على المزاج الشخصي لهذا الكلب بالذات، وعلى تاريخه الماضي. فالكلب الجبان قد يحاول الهرب، والكلب الشرس قد يعض اليد الممسكة بالدبوس. وفي هذه الحالات لا تعود وخزة الدبوس شيئاً منعزلاً، وإنما تكون نقطة بداية لحدوث نمط سلوكي كبير معقد، أما العوامل المتحكمة في هذا النمط فترجع إلى ماضي الكلب بأسره، لا إلى اللحظة الراهنة فحسب.

والواقع أننا نستطيع أن ندرب الكلب على أن يستجيب لوخزة الدبوس على أي نحو نشاء. فلنفرض أننا وخزنا إحدى أرجل الكلب ثم قدمنا إليه الطعام بعدها مباشرة، وظللنا نكرر هذه العملية يوماً بعد يوم، بحيث إننا لا نوخزه بالدبوس أبداً إلا قبل إطعامه مباشرة، ولا نطعمه أبداً إلا بعد وخزه. عندئذ، لن يمضي وقت طويل على تكرار هذه العملية حتى نلاحظ تغيراً يدعو إلى الدهشة في استجابات الكلب: فبدلاً من أن ظهر عليه عند الوخز استجابة تدل على الألم البسيط، تتكشف في سلوكه علامات مؤكدة على توقع الطعام: فيسيل لعابه، ويلعق شدقيه، ويترقب بصبر نافد ظهور الطعام الذي تعلم كيف يتوقعه. وهكذا تغير الفعل

المنعكس الذي يقوم به الكلب نحو وخزة لدبوس، أو صبح فعلاً منعكساً شرطياً، بفضل تجربته الخاصة. ولم تعد هذه الوخزة تعني الألم، وإنما أصبحت تعني "اللحم على المائدة". وفي هذه الحالة يسمى سلوك الكلب "فعلاً منعكساً شرطياً **Conditioned reflex**"[1].

وهكذا أمكننا أن نخلق لدى الكلب فعلاً منعكساً شرطياً. ولكن قد تكون هذه هي الطريقة العامة التي تتعلم بواسطتها الحيوانات في الظروف الطبيعية. وإني لأذكر أنني عندما كنت طالباً في الكلية في السنة الثانية، كانت لدى وظيفة أقوم بها في قسم الحيوان: فكنت أقوم بأعمال من بينها المحافظة على كمية من أسماك "المينو" **Minnows** اللازمة للتجارب. وكانت الأسماك الصغيرة تحفظ في أحواض مائية صغيرة مغطاة بقطع من ألواح الزجاج.وكان لابد لإطعامها من إبعاد ألواح الزجاج ورش دم السمك

---

[1] أصبحت هذه الترجمة شائعة ومتداولة حتى بلغت حد الثبات في المراجع العربية لعلم النفس وللفسيولوجيا. ومع ذلك فهناك خطأ في ترجمة كلمة **Conditioned** بلفظة "شرطي"، وهذا الخطأ يرجع إلى أن من معاني كلمة **Condition** "الشرط". ولكن الواقع أن الكلمة ليست مشتقة من الشرط، وإنما من التحكم والتكييف **Conditoning**، بنفس المعنى الذي نتحدث فيه عن حجرة "مكيفة الهواء **Air- conditioned**" أي نتحكم في جوها كم نشاء. وهذا بالضبط هو المقصود في هذا السياق. إذ إن هناك أفعالاً منعكسة آلية مباشرة، وأفعالاً منعكسة نتحكم فيها ونكيفها كما نشاء.

وكما أن من الخطأ أن نتحدث عن حجرة "شرطية الهواء" (!)، فمن الواجب أن يترجم هذا المصطلح "بالفعل المنعكس المكيف أو المحكوم".وإذا كنا قد تركنا اللفظ الشائع كما هو، فما ذلك إلا لأنه كاد أن يصبح ثابتاً كما قلنا من قبل.

المجفف في الماء. وكنت ألاحظ أنه عندما تدخل مجموعة جديدة من هذه الأسماك في الحوض كانت تخاف بسرعة، وكان إبعاد ألواح الزجاج يبعث فيها رعباً تشنجياً. ولكن بعد أسبوع أو اثنين، كان سلوكها يتغير تماماً. فعند إزاحة الألواح الزجاجية، كانت الأسماك تطفو إلى السطح مباشرة، وتبدأ ما يبدو أنه بحث عن الطعام. فهذه القصة إذن تتعلق بفعل منعكس شرطي. ولقد أصبح من الواضح أن للفعل المنعكس الشرطي أهمية كبرى في تعلم الحيوان، غير أن هناك مظاهر سلوكية عديدة تبلغ من التعقد حداً يستحيل معه تعليلها على هذا الأساس وحده.

إن الجهاز العصبي للحيوان الثديي أعقد بكثير من الجهاز العصبي لحيوان أدنى، كالحشرة. ففي الحشرة توجد أنسجة عصبية أقل، وإمكانيات أبسط للممرات العصبية المعقدة. ومن هنا كان سلوكها أبسط، وكان من الممكن تقديم تفسير كامل لهذا السلوك على أساس الأفعال المنعكسة. ومع ذلك يبدو أن الفوارق بين الجهازين العصبيين للكلب وللصرصار هي فوارق في الدرجة، لا في النوع. فأعصاب الحشرة مشابهة في تركيبها وتفاصيلها الوظيفية للأعصاب الموجودة في الثدييات. والجهاز العصبي للصرصار، شأنه شأن نظيره في الحيوانات العليا، منظم في جهاز عصبي مركزي يتألف من مخ وحبل عصبي. ومن هذا الجهاز المركزي تنتقل الأعصاب إلى الأجزاء المختلفة للجسم. وعلى الرغم من أن مخ الحشرة أبسط من مخ الحيوان الثديي، وربما كان يقوم بدور أبسط في

السلوك، فإنه يؤدي نفس الوظيفة العامة بوصفه مركزا للتمييز والتوجيه. ويكاد التركيب التشريحي للأعصاب الفردية للحشرة يكون هو ذاته تركيب أعصاب الحيوان الثديي، كما أن التفاصيل الكيمائية الحيوية للطريقة التي تعمل بها الأعصاب في الحشرات لا تكاد تتميز في شيء عما نجده في الثدييات وفي الإنسان.

* * *

وهناك، كما ذكرنا من قبل، جهاز عضوي ثان يعمل على تكامل الجسم وتآزره، هو جهاز الغدد الصماء. والغدد الصماء تفرز هورمونات. وهناك غدتان من هذا النوع، هما الدرقية والأدرينالية (الكظر)، توجدان في الإنسان وفي الثدييات الأخرى. أما الهرمونات التي تفرزانها فهي الثيروكسين والأدرينالين. ولقد أطلق على الهورمونات اسم "الموصلات الكيمائية". ومرد هذه التسمية إلى أنها تحمل في تيار الدم إلى مختلف أجزاء الجسم، حيث يكون لها تأثير كبير في عمل الأعضاء الأخرى. وعلى ذلك فإن الغدد الصماء تؤثر في نشاط الأجزاء والأعضاء الأخرى، لا بالاتصال المباشر، كما هي الحال في الأعصاب، بل إن تفرز في الدم مواد كيمائية تتحكم في هذه الأجزاء والأعضاء. ويختص بدراسة الهورمونات وتأثيراتها فرع من فروع الفسيولوجيا يتميز بالأهمية والنشاط المتجدد، هو "علم الغدد الصماء **Endocrinology**". وقد خطا العلم في هذا الميدان خطوات واسعة، غير أنه كلما اتسع نطاق معرفتنا

بالهورمونات، ازددنا يقيناً بأن ما اكتشف حتى الآن لا يعدو أن يكون بداية طيبة فحسب. والأرجح أن يكون إفراز وفعل عدد كبير من الهورمونات المختلفة ضرورياً للتنظيم الداخلي المدهش للحيوان. ويبدو أن هناك نظاماً رائعاً من الضوابط والموازنات الهرمونية، يقوم بعمله من أجل الاحتفاظ بفاعلية الجسم واتزانه.

وتوجد لدى الإنسان والحيوانات الفقارية غدة صماء تعد هي "الغدة الرئيسية". والاسم العلمي للغدة الرئيسية هو الغدة "النخامية"، وهي غدة صغيرة تقع بين سقف الحلق وبين المخ. ويتألف جزء منها بالفعل من نسيج مخي، ومن هنا كانت لهذه الغدة صلة وثيقة جداً بالجهاز العصبي، فضلاً عن كونها غدة بالمعنى المعروف. وتقوم الغدة النخامية بصنع مجموعة كاملة من الهورمونات المختلفة وتوزيعها. والهورمونات النخامية تتحكم في نمو الحيوان وتكاثره، كما تتحكم في عمل كثير من الغدد الصماء الأخرى، كالغدد الأدرينالية والدرقية والمبايض والخصيتين والبنكرياس وغيرها.

فما هو دور الهورمونات في إكساب الإنسان القدرة على الاستجابة للأشياء والقوى الموجودة في بيئته؟ "إن خيال الشاب، في الربيع، يتحول مسرعاً إلى خواطر الحب". وإلى جانب ذلك، فقد تنشأ مواقف أخرى تحتاج إلى تصرف سريع. فلنتصور أنك تتمشى في درب من دروب قرية، بعد ظهر أحد أيام الصيف الخاملة، والشمس تسطع في حرارة، والمنظر

حولك بهيج. ثم لمحت في حقل لا يبعد عن الدرب إلا قليلاً، بقعة ظليلة بجوار جدول ماء، فتسلقت السور، وأسرعت إلى الظل، وقد تخيلت مقدار الراحة التي ستتملكك عندما ترقد على النجيل وتسترخي وتتأمل السحب الصغيرة المرسلة وهي تنساب ببطء عبر السماء الزرقاء. وفي اللحظة التي أوشكت فيها على الرقاد، ترامي إلى سمعك الذي اعتاد الهدوء صوت دقات سريعة.وحين استدرت ببطء لترى سبب هذا الصوت، أفزعك أن ترى ثوراً أسود ضخماً يجري نحوك بكل سرعته. هذا الثور لا يقدر جمال الريف الهادئ، ولا يعلم أن لك أهمية خاصة بوصفك فرداً من أفراد الجنس البشري المميز. فلابد إذن من عمل شيء، وبسرعة. ولما كنت لا ترغب في أن تصبح مصارع ثيران، فالأرجح أنك ستختار الهرب، وبعد ن تجري بأسرع مما جريت في أي وقت مضى، تنجح في الوصول إلى السور وتجتازه في قفزة واحدة. خلال ذلك كله لم يكن لديك وقت للتفكير، ولا فرصة لرسم خطة، بل كان الموقف يستدعى تصرفاً مفاجئاً وفورياً. ولا يمكنك التوقف لكي تفكر إلا بعد أن تكون قد وصلت بسلام إلى الجانب الآخر من السور. وعندئذ تعجب كيف استطعت أن تتحرك بهذه السرعة وتقفز بهذه البراعة. والجواب إنما هو الأدرينالين، أي هرمون "اضرب أو هرب". ذلك لأن العين قد تلقت بطبيعة الحال منظر الثور المهاجم، والمخ قد فسره. وأدت الإنذارات التي أرسلها المخ إلى إطلاق كميات من الأدرينالين. والأدرينالين يحفز على الأيض بقوة، ويقدم الشحنة الزائدة من الطاقة اللازمة للهرب من الثور واجتياز السور. وبعد أن

تصل إلى بر الأمان، ترتعد أوصالك ويتصبب جبينك عرقاً، في الوقت الذي يعود فيه التوازن الهرموني لجسمك إلى حالته الطبيعية. ولول هذه الشحنة الزائدة، لكان من الجائز أن ينتهي بك الأمر إلى أن تصبح بقعة دمية على النجيل.

والواقع أن ما نعرفه عن الأجهزة الصماء للحيوانات الدنيا يكفي لتبرير القول بأن الهورمونات هي التي تتحكم في العمليات الداخلية للحيوانات بوجه عام وتصفي عليها تآزراً. وقد درست الحشرات أكثر من أية فئة أخرى في مجموعات الحيوانات الدنيا. وعلى الرغم من أن التركيب الكيمائي لهورموناتها مختلف، فإن الأجهزة الصماء للحشرات تبدو على نفس القدر من الأهمية والتكامل الذي تبدو عليه الحيوانات الثديية. وليست للحيوانات غدة نخامية، غير أن لها "غدة رئيسية". ومما يدعو إلى الدهشة أن الغدة الرئيسية للحشرة ترتبط بالمخ،وتدخل في تركيبها خلايا المخ، تماماً كما في حالة الغدة النخامية للحيوانات العليا. وهكذا فإن علم البيولوجيا كلم تقدم، وكلما وضع المزيد من المشكلات المعقدة أمام أعين المنهج العلمي الفاحصة،ظهر المزيد من الأدلة على وجود رابطة موحدة تجمع بين كل أشكال الحياة.

النمو والتناسل

والصفة الثالثة للكائن العضوي، من بين الصفات التي حددناها من قبل، هي قدرته على النمو والتناسل. وهما معاً يتضمنان تكاثراً في الخلايا،

وتخصصها في تكوين مختلف الأنسجة والأعضاء. وقبل أن تتمكن من المرور ولو بطريقة عابرة على هذين الموضوعين المعقدين،يتعين علينا أن نتأمل الخلايا ذاتها لنرى ما هي وما مصدر أهميتها البيولوجية.

إن الكائنات العضوية تتألف من مادة، أعني مادة حية اسمها البروتوبلازم. والبروتوبلازم مزيج سائل من البروتينات والدهون وغيرها من المواد الكيمائية العضوية المعقدة. وينقسم البروتوبلازم الذي يتألف منه الكائن العضوي إلى وحدات صغيرة محددة المعالم تسمى بالخلايا. ومن هذه اللبنات الدقيقة الحية، تبني أجسام النباتات والحيوانات. فأصغر الحيوانات (وهي البروتوزوا)، وأصغر النباتات (وهي البكتيريا والطحالب)، هي مخلوقات تتألف أجسامها الميكروسكوبية من وحدة واحدة، أي خلية واحدة. والواقع أن هذه الصفة الرئيسية، وأعني بها صفة التكون من خلايا، هي القاسم المشترك بين كل النباتات، ابتداء من شجرة الشربين الباسقة حتى أدنا نباتات البرك، والحيوانات، ابتداء من الفيل الضخم حتى السوس الضئيل. فوحدة الكائن العضوي هي الخلية.

والخلية جسم كروي مؤلف من البروتوبلام، ولكنها في الواقع أكثر من هذا بكثير. فهي قطعة من المادة الحية، تتميز بالروعة والتنظيم الرفيع. وحين ننظر إلى الخلية الحيوانية تحت الميكروسكوب نجدها شبه هلامية، وإن يكن يظهر فيها، بغير وضوح، قدر من التنظيم. فهناك أولا سطح الخلية الذي يتبدى كغشاء رقيق، لابد أن تمر من خلاله كل مادة تدخل

الخلية أو تخرج منها. وليس غشاء الخلية مجرد حاجز جامد، وإنما هو يقوم بدور ايجابي في حفظ الخلية في بيئتها. وتحت هذا الغشاء، أو داخله، يوجد الجزء الثاني من الخلية، وهو السيتوبلازم، وهو المادة السائلة التي تكون كتلة الخلية، والتي تقوم بالكثير من أعمالها. ففيها حزم من الإنزيمات تعمل على استمرار الأيض، كما توجد داخل السيتوبلازم المواد الخام التي تمارس بها الخلية نشاطها، والنواتج النهائية لهذا النشاط. والنواة هي عادة جسم كروي يوجد في وسط السيتوبلازم، وهي المركز الفعال للخلية. والنواة تتحكم في نشاط الخلية بأسرها وتنظمه على نحو لم يكتشف بعد.

والواقع أن نواة الخلية شيء غامض مثير. وعلى الرغم من أننا نعتقد أنها قد تحمل في داخلها إجابات كثير من الأسئلة المتعلقة بالعمليات الحيوية، فإنا لا نزال نجهل إلى حد مؤسف كثيراً من العمليات التي تحدث داخل هذا الكيان الضئيل. ومن الأمور المعروفة أن للنواة دوراً في تكاثر الخلية، أي أنها تتحكم في تقسيم الخلية إلى جزأين من أجل تكوين خليتين مستقلتين. والواقع أن أهم دور تقوم به الخلية، من وجهة نظرنا الحالية، هو دورها في الوراثة. ففي داخل الخلية يوجد عدد من الألياف الدقيقة المعقدة تسمى بالكروموزومات (الصبغيات). وفي داخل هذه الألياف توجد ألوف من الدقائق المسماة "بالجينات". وأهم ما نعلمه عن الجينات مستمد من التأثيرات التي تمارسها في الخلية وفي الكائن

العضوي بأكمله. أما الجينات ذاتها على حقيقتها فلا نكاد نعلم عنها حتى الآن شيئاً، وإن كنا شبه واثقين من أنها نوع محدد من المركب الكيمائي. ولاشك أن كل شيء مادي في العالم مؤلف من مواد كيمائية من نوع ما. غير أن الشيء الذي يدعو إلى الدهشة في حالة الجينات هو أنها مركبات من مواد كيمائية لا يزيد عددها على أربعة، وتتميز بأنها، مع اختلافها، مرتبطة فيما بينها ارتباطاً وثيقاً. وإنا لنعلم أن الجينات تتحكم في شكل الحيوان وسلوكه وأدائه لوظائفه، وأنها هي المتحكمة مباشرة في ألوف الخصائص والعمليات الحيوانية. ومع ذلك فعدد المواد الكيمائية التي تقوم بذلك لا يزيد على ربع– وهي نفس الأربع في كل "جين" منها. وعلى ذلك يبدو أن عمل "الجين" يتوقف على الطريقة التي ترتبط بها هذه المواد الكيمائية في مركبات وسلاسل، أي على أنماطها.

إن للجينات أهمية قصوى من وجهة النظر البيولوجية: فهي الوسيلة التي تتم بها الوراثة. والواقع أن الطفل لا يرث العينين الداكنتين والشعر المجعد والأنف الطويل من والديه، وإنما يرث جينات فحسب. وقد تؤدي بعض الجينات التي يرثها إلى ظهور عينين داكنتين وشعر مجعد وأنف طويل لديه. والجينات هي المواد التي تنتقل بالفعل من جيل إلى جيل. فكل نبات، وكل حيوان، وكل شخص، يبدأ الحياة بهذا الميراث المستمد من الماضي، منذ بداية الحياة على سطح الأرض.

هذه الصورة العامة تنطبق على الخلايا حيثما وجدناها. فسواء أكانت

خلايا نباتية أم حيوانية، فإن نفس التنظيم ونفس الوظائف تظهر فيها. وهذا في الواقع سبب قوى آخر يدعونا إلى تفسير ظواهر الحياة على أنها تتضمن وحدة كامنة.

ومع ذلك فهناك أنواع متعددة من الخلايا: خلايا عضلية، وخلايا عصبية، وخلايا للغدد، وخلايا للأوراق، وخلايا للجذور، وكثير غيرها. كل هذه الخلايا تختلف في نوع التركيب الذي أصبحت تتصف به، والوظائف التي أصبحت تؤديها. فالخلايا العضلية خلايا طويلة تخصصت على نحو أصبحت فيه تتقلص إذا ما نبهت. والخلايا العظمية متخصصة على نحو آخر: إذ أن الأيض الذي تقوم به يؤدي إلى تكوين مادة العظام الصلبة. والخلايا العصبية طويلة شبيهة بالألياف، وهي شديدة الحساسية، وهكذا دواليك. ولسنا نعلم حتى الآن كيف تصبح الخلايا متخصصة بحيث تتحول مجموعاتها إلى أنواع مختلفة من الأنسجة والأعضاء. وقد أجريت أبحاث كثيرة حول هذا اللغز الغامض، ولابد أن يهتدي العلماء بمضي الوقت إلى الإجابة عن هذه الأسئلة.

فلنبدأ منذ أول تكوين الكائن العضوي، أي من خلية بويضة مخصبة لأحد القرود. في داخل هذه الخلية الضئيلة (التي تبلغ حوالي ١/١٠٠ من البوصة)، توجد نواة. وفي داخل النواة مجموعة من الجينات، نصفها أني من الوالد الذكر ونصفها من الأنثى. والجينات هي ميراث البويضة من وجود الوالدين ومن أسلافهما أما البويضة المخصبة فهي في ذاتها كائن

عضوي ليس له شأن كبير، إذ إنها كائن عضوي وحيد الخلية. غير أن الجينات التي تملكها لا تجعلها تستمر في حياتها بوصفها خلية بسيطة وحيدة. فلو كانت خلية بويضة قرد، لكانت تملك جينات القرد، وتمثل إمكانية ظهور قرد. وهي تحقق هذه الإمكانية وتخرجها إلى حيز الوجود حين تصبح بالفعل قرداً. فالإمكانية موجودة في النواة، حيث تكون الجينات "مشروع قرد".

والخطوة الأولى نحو التطور إلى كائن عضوي معقد، هي مجرد زيادة عدد الخلايا الموجودة. خلية البويضة تنقسم إلى اثنتين،كما أن "جين" يكرر نفسه، بحيث إنه عندما تنقسم كل خلية إلى خليتين، تكون كل من هاتين الخليتين مزودة بمجموعة كاملة من الجينات.وبذلك تصبح لدينا خليتا بويضة، بدلاً من واحدة، متماثلتان في مظهريهما وتركيبهما وإمكانياتهما. فإذا انفصلتا عرضاً، أوفي إحدى التجارب، استطاعت كل منهما أن تكون قرداً مستقلاً. وعندما يحدث ذلك، يظهر توأمان متماثلان. أما إذا كانت الخليتان متلامستين،كما يحدث عادة، فإنهما معاً تسهمان في تكوين قرد واحد فحسب. ثم تنقسم الخليتان مرة أخرى لتكونا أربع خلايا، ثم ثمانية، ثم ست عشرة، ثم اثنتين وثلاثين، وهكذا. ولو استمرت هذه العملية إلى مالا نهاية، لتكونت كتلة كبيرة من الخلايا المتماثلة، ولما تكون أي قرد على الإطلاق. ولكن ذلك لا يحدث: فبعد تكوين مائة خلية أو نحوها، يبدأ حدوث شيء يدعو إلى الدهشة،إذ تبدأ الخلايا في

التخصص وتكوين بوادر أجهزة عضوية. وفي استطاعتنا أن نشاهد هذه العملية الرائعة في بيضة الطائر، وذلك بطريقة بسيطة، هي أن نفتح نافذة في القشرة فوق الجنين. فعندئذ يلاحظ المرء معجزة الحياة وهي تخلق طائراً، ويرقب ظهور بوادر العمود الفقري، ورسم الخطوط العامة لما سيكون في المستقبل مخاً، ويتخذ القلب شكله أمام ناظري المرء، ويبدأ عمله الذي سيدوم مدى الحياة في النبض. كذلك يمكننا أن نشاهد الأوعية الدموية الرئيسية وهي تتكون وتتصل بالقلب الخافق، ونستطيع أن نرى العين تتخذ شكلها، ونسيج العضلات يتكون، والقناة الهضمية تتحدد معالمها. وعلى الرغم من أننا نستطيع أن نلاحظ ونصف ما نراه، فإن الملاحظة والوصف لا يشكلان فهماً، بل إن واجبنا إذا شئنا أن تكون لدينا معرفة أعمق، أن نفحص المسألة بمزيد من الدقة عن طريق التجريب.

ولقد أجريت بالفعل عدة تجارب طريفة ومفيدة عن أجنة نامية، فأصبحنا نعلم الآن أن خلايا الأجنة، في الفترة الأولى من تطورها، لا تكون متخصصة. ويتوقف تحول الخلية المعينة إلى خلية عصبية أو خلية جلدية على موقعها في حيوان المستقبل. وفيما بعد تفقد الخلية قدراً كبيراً من مرونتها،فإذا بدأت تصبح عصباً، أصبحت كذلك بغض النظر عن المكان الذي قد نزرعها فيه في الجنين. والواقع أن ما نعرفه عن نمو الخلايا وتخصصها ما زال قليلاً إلى حد يجعل المرء يتردد في القول إننا نعرف في الوقت الحالي أي شيء عنها. وهناك اعتقاد بأن الجينات– أي وحدات

الوراثة– لها دور في هذا الموضوع، إذ إن كثيراً من الصفات الثانوية تتحدد وراثياً. فمن المؤكد أن الكائن العضوي يرث انتماءه إلى نوع معين من والديه، ومن هنا كان لابد أن يكون للجينات دور. وهذا يؤدي بنا إلى وجهة النظر القائلة إن الشكل والحجم والبنيان العضوي تتحدد كلها بالجينات الموجودة في خلية البويضة المخصبة.

إن كل خلايا البويضات المخصبة في الثدييات جميعاً تبدو متشابهة لأول وهلة. ومع ذلك فإننا لو تركناها تنمو في بيئتها الطبيعية دون أن يتدخل في نموها شيء، لأدت واحدة إلى ظهور فيل، والأخرى إلى ظهور فأر، والثالثة إلى ظهور إنسان. فلابد أن تكون إمكانية التحول إلى فيل أو فأر أو إنسان كامنة في الجينات. ولابد أن تكون لأشكال الحياة الثلاثة هذه كثير من الجينات المشتركة– أعني كل الجينات التي تؤدي إلى ظهور خصائص الثدييات، ثم تضاف إلى الجينات المشتركة جينات أخرى تجعل الفيل فيلاً، والفأر فأراً، والإنسان إنساناً. ولابد أن تضاف إلى ذلك الجينات التي تميز الفرد الواحد من غيره من أفراد نوعه. هذه الجينات الأخيرة هي التي حظيت بأكبر قدر من عن أية علماء الوراثة، مع أنها قد تكون أقل الجميع أهمية. وعلى الرغم من أننا لم نهتد بعد إلى وسيلة إجراء التجارب على الجينات المتحكمة في الخصائص الرئيسية بحق، فليس هناك ما يدعونا إلى الشك في أن للعوامل الوراثية تحكماً فيها. وتختلف الجينات فيما بين الحيوانات الدنيا (إذ إنها تتألف من نفس

المواد الكيميائية الأربعة،ولكن بمركبات مختلفة). أما العمليات الآلية التي تنطوي عليها الوراثة والنمو، فهي واحدة في الإنسان وفي الحيوانات العليا. والواقع أن من أكثر حيوانات التجارب شيوعاً بالنسبة إلى عالم الوراثة، ذبابة الفاكهة، وهي حشرة ضئيلة. وقد اتضح أن قوانين الورثة التي اكتشفت في ذبابة الفاكهة،تنطبق أيضاً على ظهور سلالات الأبقار والكلاب وخيول السباق ونبات حشيشة الذهب.

في هذا العرض الموجز، الناقص، للبيولوجيا، حاولنا أن نصل بالتدريج إلى مفهوم للكائن العضوي. فقد اتضح لنا، بعد أن بدأنا بالخصائص الثلاث الواضحة للكائنات الحية، وهي الاستجابة، والأيض، والتناسل، أن هناك أوجه شبه تدعو إلى الدهشة في طريقة أداء الوظائف لدى أنواع من الكائنات العضوية تختلف فيما بينها اختلافاً شاسعاً. وعلى الرغم من أن الحيوانات تختلف كثيراً في تشريح أجهزتها العضوية وفي مدى تعقدها، فيبدو أن هذه الاختلافات قد تطورت من أصول متشابهة تشابهاً أساسياً. ويبدو أن مفاتيح الحلول الموصلة إلى كشف الفوارق الأساسية تكمن في الجينات، إذ إن الجينات هي التي يرث الكائن الحي عن طريقها انتماءه إلى فئة معينة في عالم الأحياء.فالإمكانية البيولوجية للكائن العضوي، سواء أكان إنساناً أم فأراً أم بعوضة، إنما توجد في نصيبه من الجينات. ولكن هذا لا يعني أن الإنسان لا يعدو أن يكون حشرة متطورة، لا يختلف إلا في نوع جيناته وتعقد أعضائه. فنحن في البيولوجيا

لا نبحث إلا في العمليات المادية الآلية للكائنات الحية.ونحن نسعى فيها إلى فهم الوسيلة التي تشق بها الكائنات العضوية طريقها في العالم. وهذا يؤدي بنا إلى تكوين مفهوم عن طبيعة الكائن العضوي، وعن الطريقة التي يتركب بها، وكيف يستطيع أن يشغل مكانه على سطح الأرض. أما مسألة كون الحياة شيئاً أكثر من هذه العمليات الآلية، وتحديد الهدف الذي تتجه إليه حياة الإنسان والحيوان، فتلك كلها مشكلات تقتضي من بحثاً أعمق.

الفصل التاسع

هل هو عالم واحد؟

في مقر جامعة كبيرة، يقوم عالمان بدراسة مجموعتين من الصور الفوتوغرافية: أحدهما عالم فيزيائي يدرس تسجيلاً على فيلم لسلوك الجسيمات دون النووية التي تقفز عبر "غرفة ولسون الغيمية[١] **Wilson's Cloud Chamber**". وعلى الجانب الآخر من الحرم الجامعي، بعيداً عن قسم الفيزياء، يقف العالم الآخر في معمله بقسم البيولوجيا. أما الصور التي يدرسها العالم البيولوجي فهي صور فيلم زمني لمجموعة من الحشرات. فهو يدرس سلوك هذه الحيوانات الصغيرة من حيث طريقة تغذيتها ومدى تأثير الظروف التجريبية في سلوكها الغذائي.

ولن يشك أحد في أن الجسيمات التي يهتم بها الفيزيائي مختلفة تماماً عن الحيوانات التي يدرسها عالم البيولوجيا. وأوضح فارق هو أن جسيم الفيزيائي بسيط نسبياً، على حين إن الحيوان جهاز عضوي شديد التعقيد، يتألف على الأرجح من "جسيمات الفيزيائي". ومع ذلك فإن عالم البيولوجيا، إذا أكد أن المخلوقات الحية أكثر من مجرد مادة وطاقة رفيعة التنظيم، وإذا ذهب إلى أن هناك مظاهر للحياة أرفع بكثير مما يمكن تفسيره بالمفاهيم

---

[١] جهاز يوضح مسار الجسيمات النووية. (المترجم)

الفيزيائية، فإنه قد يثير بذلك مناقشة حامية. ذلك لأننا نجد أنفسنا في هذه الحالة إزاء مشكلة من أهم وأقدم مشكلات العلم والفلسفة، ومن أكثرها تجريداً: فهل عالم البيولوجيا مستقل بأي قدر عن عالم الفيزياء؟ أم أن البيولوجيا لن تعدو أن تكون دراسة لمشكلات فيزيائية شديدة التعقيد؟ إن الفيزياء، في موجة نموها ونجاحها الساحق، قد ابتلعت جوانب كثيرة من العلم الطبيعي، بحيث إن جوانب كثيرة من البيولوجيا قد فسرت من خلال المفاهيم التي توصل إليها علم الفيزياء. والواقع أن هذه ليست بالمشكلة السطحية، بل إن لها أهميتها في تطور العلوم البيولوجية، وفي موضوع الصلة بين العلم والفلسفة،وفي تفسير الكون من وجهة نظر إنسانية.

إن من أول الأسئلة التي تهيب بنا أن نجيب عنها، السؤال المتعلق بمدى قدرتنا على التفرقة بين الحي وغير الحي. وينبغي أن ندرك بالطبع أن الدراسة العلمية للأشكال الحية تقتصر على قياس ودراسة جوانب الحياة التي تتضمن مادة وطاقة، ومكاناً وزماناً. ومع ذلك ففي وسعنا، حتى في هذه الحدود، أن نعرف إن كان هناك فارق قاطع بين الكائنات الحية وبين الأشياء التي نعتقد في العادة أنها حية. وهناك وسيلة بسيطة لخوض هذه المشكلة، هي أن نحدد مدى قدرتنا على التمييز بنجاح بين الكائن العضوي وبين بيئته.والواقع أن فكرة الكائن العضوي المستقل تماماً عن أي نوع من الوسط المادي هي فكرة تجريدية. فالكائن العضوي بدون بيئته يمثل استحالة مادية. ولقد علمتنا الملاحظة البسيطة، والتجربة، أن الأنواع

المختلفة للمخلوقات تتكيف تبعاً لمختلف أنواع المواقف. فالنبات أو الحيوان يفني سريعاً إذ وضع في بيئة غريبة، وعندئذ نقول إنه يموت لأنه غير متكيف مع البيئة الغريبة. فالتمساح يموت إذا نقل إلى الصحراء، لأنه غير قادر على التكيف مع طريقة الحياة في الصحراء، وإنما هو متكيف في تشريحه، وفي وظائف أعضائه، وفي سلوكه، مع بيئة المستنقع المداري. ويبدو أن تكيف التمساح مع بيئة المستنقعات هذه يكون جزءاً لا يتجزأ من وجود التمساح ذاته.

ولكن هل يؤدي هذا التكيف إلى أن تصبح البيئة جزءاً من الكائن العضوي؟ إنه يؤدي إلى ذلك بالفعل، من بعض وجهات النظر، وبالفعل نجد أن الكائن العضوي لا يمكن أن يتميز عن بيئته، في نواح معينة، إلا تميزاً غير واضح. وقد تبدو هذه المسألة غير قابلة للتصديق، إذ قد يقال إن السمات المتخصصة المتكيفة للحيوان هي وحدها التي يمكن أن ترتبط بالبيئة، وإن من الواجب الفصل على نحو قاطع بين الكائن العضوي الفعلي، الأساسي، وبين العالم غير الحي المحيط به. ومع ذلك فإن المشكلة لا تبدو على هذا القدر من البساطة من وجهة النظر العلمية، بل إن التفرقة بين الكائن العضوي وبين البيئة تزداد صعوبة كلما كانت أشكال الحياة التي نبحثها أصغر وأبسط. ومن الممكن أن تزداد هذه النقطة وضوحاً إذا بحثنا حالة حيوان وحيد الخلية.

فهناك حيوان صغير وحيد الخلية يسمى بالأميبا يعيش في لمياه

الراكدة، وتوجد أعداد منه عادة على سوق النباتات وأوراقها بالقرب من أطراف البرك. وأكثر أنواع الأميبا شيوعاً مخلوق ضئيل يبلغ طوله حوالي ١٠٠/١ من البوصة، ولا يرى بالعين المجردة،ولكنه يبدو تحت المجهر قطعة من الحياة شبه هلامية، لا لون لها. وجسمه رخو يتغير شكله كلما تحركت الأميبا بطريقتها الانسيابية. وهو يتألف من خلية حية وحيدة، فيها كل عناصر الخلية من غشاء خارجي وسيتوبلازم ونواة. وهو كائن عضوي حيواني، تظهر فيه خواص الاستجابة والأيض والتكاثر. ولكنه ليس إلا خلية وحدة، أي وحدة واحدة من وحدات الطبيعة الحية، وقالباً من قوالب الحياة مستقلاً بذاته.

وتحاط الأميبا بالماء، ولكنها تبدو وحدة حية متميزة. ومع ذلك فإن الماء يؤلف حوالي خمسة وثمانين في المائة من جسمها الصغير. ويتصف الماء الموجود في الأجزاء الداخلية من الأميبا– بقدر ما نعلم– بنفس صفات الماء الخارجي الذي يتحرك الحيوان الضئيل خلاله. فلو أزيح الماء الداخلي بالتجفيف، لما عادت الأميبا كما نعرفها موجودة. والماء الموجود داخل الأميبا يصل إليها بالمرور عبر الغشاء الموجود في السطح الخارجي للخلية. ويظل الماء يتحرك جيئة وذهاباً من خلال غشاء الخلية بسهولة تامة، بحيث إن جزئ الماء الموجود داخل الأميبا قد يكون هنا اليوم وهناك غداً، أو حتى قبل الغد. كذلك يتحرك الأكسجين وثاني أكسيد الكربون جيئة وذهاباً عبر الغشاء، داخل الأميبا وخارجها. وهناك

مواد كثيرة أخرى، منها الحديد والفسفور والنيتروجين وغيرها، تظل بدورها في حركة متبادلة بين داخل الخلية وخارجها من خلال غشائها. على أن العناصر المكونة للخلية هي مواد كيمائية، وعندما تستخرج هذه المواد من الخلية، لا تعود حية بالمعنى الذي تكون به الخلية حية.

فإذا قلنا اعتباطاً إن ما هو في داخل الخلية هو أميبا حية، وما هو في خارجها هو بيئة محيطة، فإنا نكون بذلك قد وضعنا تفرقة قاطعة بين الكائن العضوي وبيئته. ولكن هذا يعني أن الماء يصبح "حياً" عندما يدخل الخلية، و "يموت" عندما ينتقل خارجها من خلال غشاء الخلية.ويبدو أن الأبسط، والأقرب إلى المنطق، هو أن ننظر إلى الماء على أنه نفس المادة على كلا جانبي غشاء الخلية. ويترتب على هذه البساطة المفترضة أن تكون البيئة الخارجية متصلة بالتنظيم الداخلي في نواح تبلغ من الكثرة حداً يجعل من المستحيل وضع حد فاصل بينهما. وهكذا لا يكون الكائن العضوي مستقلاً تماماً عن بيئته المحيطة. وأغلب الظن أن ما قلناه عن الأميبا ينطبق على أية خلية، وحيدة أو مشتركة مع ملايين كثيرة غيرها في جسم حيواني معقد.

إن جسم الكائن العضوي، سواء أكان أميبا أم غيرها، يظل في حالة تحلل وتعديل دائمة. والمادة الخام لبناء الكائن العضوي، وللعمليات التي يقوم بها، مستمدة من البيئة. ولابد أن تعود هذه المواد آخر الأمر إلى البيئة. فالجسم البشري الذي يزن ١٥٥ رطلاً يتألف من حوالي ١٠٠

رطل من الأكسيجين، و١٥ رطلاً من الأيدروجين، و٢٨ رطلاً من الكربون، ٤ ١/٢ رطل من النيتروجين، ورطلين من الكالسيوم، ورطل ونصف من الفسفور، ونصف رطل من الكبريت، وربع رطل من الصوديوم، وبعض الكسور المكملة للوزن، مثل كمية من الحديد تكفي لصنع زوج من المسامير الصغيرة. هذه المواد تأتي كلها من البيئة، ومع ذلك فإن هذه المجموعة لا تكون "وصفة" لصنع الناس. ذلك لأن الفارق بين الكائن البشري وبين هذه المجموعة من المواد الكيمائية هو فارق في التنظيم. وهذا هو الفارق الأساسي من وجهة النظر الفيزيائية على الأقل.

* * *

وتتضح أهمية البيئة للكائن العضوي ولمشكلة الحياة التي نبحثها بأسرها في حالة أبواغ البكتيريا. والبكتيريا كائنات عضوية مجهرية وحيدة الخلية. وهي تعد عادة نوعاً بسيطاً من النبات. وكما نعلم جميعاً، فإن بعض الجراثيم هي من نوع البكتيريا. وهناك أنواع كثيرة مختلفة من البكتيريا تؤدي إلى فساد الطعام، وتعفن الأجسام الميتة، وخصوبة التربة، وما إلى ذلك. وللبكتيريا دور شديد الفعالية في الأيض، كما أنها تتكاثر بسرعة مذهلة. ويطلق على كثير من أنواع البكتيريا اسم منتجة الأبواغ . ولو استخدمت المجهر ونظرت إلى مجموعة مزدحمة من البكتيريا منتجة الأبواغ لرأيت نوعين من الخلايا: فالنوع الأكثر عدداً يبدو كخلايا البكتيريا المميزة، ولكنا نجد هنا وهناك بينها خلية مستديرة سميكة الجدران. تلك

هي الأبواغ، وهي شبيهة بالبذور إلى حد ما. فإذا ما أصبحت مستعمرة البكتيريا جافة تماماً، ماتت جميع الخلايا فيما عدا الأبواغ. وتحمل الرياح أبواغ البكتيريا هذه في الريف، كما أنها قد تنساب مع المياه، أو تنتقل في فراء الحيوانات وريشها وأقدمها. فإذا وقع أحدها في طعام أو في أية بيئة أخرى مناسبة، فإنه ينبت كالبذرة. وبعد إنبات البوغ، ينتج خلية من النوع المألوف، تبدأ على الفور في الأيض والتكاثر. وهكذا يبدأ تكون مستعمرة جديدة من البكتيريا.

وفي استطاعة عالم البيولوجيا أن يربي البكتيريا في المعمل في ظروف تؤدي إلى إنتاج ملايين الأبواغ. وهذه الأبواغ يمكن تجفيفها في فرن وتخزينها في زجاجة. ومع ذلك، فإن هذه الأبواغ لو ظلت سنوات في الزجاجة، فإنها تنبت وتنتج بكتيريا إذا ما وضعت في البيئة المناسبة. أما في خلال الوقت الذي تكون فيه جافة ومختزنة على رف، فإنها تكون خاملة من الوجهة البيولوجية. فهي لا تستجيب ولا تتكاثر، وليس في استطاعة أشد أجهزتنا حساسية أن يهتدي فيها إلى أثر للأيض. وإذن فهي غير حية تبعاً للمقياس الذي نقيس به الحياة. صحيح أن الأبواغ المجففة تنطوي على إمكانية الحياة، غير أن تحقيق هذه الإمكانية يتوقف تماماً على وجود البوغ في البيئة المناسبة. وهذا يؤدي بنا إلى الاعتقاد بأن "حياة" الأبواغ تأتي من البناء والتنظيم الداخلي، كما تأتي من وجودها في بيئة تجعل حياتها ممكنة.

ولاشك أن معظم علماء البيولوجيا على استعداد للقول بأن البوغ البكتيري الجاف حي، حتى لو لم تكن تظهر فيه خصائص الحياة خلال الوقت الذي يكون فيه في حالة جافة خاملة. فهو في حالة حيوية موقوفة أو مؤجلة (حيوية مع إيقاف التنفيذ)، إن جاز هذا التعبير، غير أن هذا التفسير ينطوي على افتراض مسلمة معينة: فمن الواجب أن نفترض أن حياة الكائن العضوي– حتى لو كانت حياة كائن منحط كالبكتيريا– تنطوي على أكثر مما يمكننا ملاحظته وقياسه. غير أننا نصادف في هذه الفكرة مسلمة غير ضرورية من وجهة نظر العلم، وتكاد تقترب من حدود التشبيه بالإنسان. والواجب علينا، من وجهة النظر العلمية، أن نقف على الجانب المأمون ونكتفي بالقول إن البوغ قابل للحياة أو قادر عليها.

وإن ما قلناه عن الأبواغ لينطبق، ولكن بدرجة أقل، على بذور النباتات. ولكنه في العادة لا ينطبق مطلقاً على بيض الحيوانات. ففي بذور النباتات العليا يوجد أيض أقل في الدرجة، ولكن من الممكن قياسه بكل وضوح. أما البيض فيظهر فيه قدر كبير من النشاط الأيضي، وقليل جداً من أنواعه هي التي تستطيع أن تعيش فترة خاملة كما تفعل الأبواغ. ومع ذلك فهناك استثناءات، من أطرفها ما حدث أخيراً في كاليفورنيا. ففي صحراء الموجيف **Mojave** يوجد عدد من قيعان البحيرات الجافة. وقد كانت هذه المنخفضات، منذ عدد كبير من السنين،مليئة بالماء، وكانت بحيرات حقيقية. وعندما تغير نمط مناخ القدرة، جفت البحيرات

وأصبحت القارة صحراء. وفي شهر سبتمبر عام ١٩٥٥ هبت عاصفة رعدية على جزء من صحراء الموجيف، وأدت هذه العاصفة إلى ملء واحد من قيعان البحيرات القديمة بالماء لعمق يبلغ حوالي قدم. ثم حدث شيء أغرب من العاصفة الرعدية: فقد ظهرت في الماء ملايين من الحيوانات الصغيرة الشبيهة بالجمبري، والتي يبلغ طولها حوالي بوصة. ولاشك في أن الجمبري لو كان قد ظهر في هذه الظروف منذ بضعة قرون لفسر بأنه تولد تلقائي. غير أننا لم نعد نؤمن بالتولد التلقائي، ولذا درست المسألة، واتضح أن الجمبري قد فقس من بيض كان في قاع البحيرة الجافة. وكان هذا البيض قد ظل في الطين الجاف تحت شمس الصحراء عدداً لا يحصى من السنين. وظلت الملايين منه قابلة للحياة عندما تكررت مرة أخرى بيئتها المناسبة. وهنا نجد أنفسنا مرة أخرى- كما حدث في حالة أبواغ البكتيريا- نواجه مسألة ما إذا كان البيض الجاف حياً بنفس المعنى الذي تكون فيه المخلوقات الشبيهة بالجمبري التي تكونت منه حية.

إن مبدأ التولد الحيوي ينص على أن كل حياة تنشأ من حياة سابقة. وقد درسنا هذا المبدأ البيولوجي الهام في الفصل الثالث. ولاشك في أن بيض الجمبري وأبواغ البكتريا قد نتجا عن جمبري سابق وبكتيريا سابقة. وهي بدورها قد نمت في الوقت المناسب فأصبحت كائنات عضوية مشابهة لأسلافها. على أن ما يعنينا هنا هو فترة التأخير، أي فترة الحيوية الموقوفة أو المؤجلة. فقد تعطلت وسيلة بقائها حية بطريقة دينامية

ملموسة. وعندما أتاحت لها البيئة هذه الوسيلة مرة أخرى، تمكنت الكائنات العضوية من أن تحيا بطريقة يمكن ملاحظتها علمياً. وهكذا نستطيع أن نقول إن الأبواغ والبيض تظل قابلة للحياة، ويظل المفهوم الذي نستخدمه في هذا الصدد متمشياً مع مبدأ التولد الحيوي.

* * *

إن الكائنات العضوية جميعاً تعتمد على بيئة مناسبة من أجل حياتها من يوم إلى يوم ومن عام إلى عام. ومما يدعو إلى الدهشة، وربما إلى خيبة الأمل إلى حد ما، أن نعرف أن البيئة ليست مجرد مسرح تمثل عليه دراما الحياة، وإنما هي تبدو جزءاً أساسياً من تلك العملية الغامضة التي نسميها بالحياة. ففي التنظيم المعقد للكائن العضوي، تقدم البيئة عناصر أساسية. ولو كانت هناك مادة كيمائية واحدة تستحق أن تعد جوهر الحياة، لكانت هذه المادة هي المادة.فالماء يكون ما يربو على ثلاثة أرباع الخلية الحية. والماء هو الذي"يجدد حياة" أبواغ البكتيريا وبيض الجمبري. صحيح أن الصراع التطوري الطويل للنباتات والحيوانات كان يتجه إلى تحقيق استقلال أعظم عن البيئة، وانتفاع وسيطرة أكبر على عناصرها، غير أن كل شيء يفني بدون الماء،ولولا الماء لما تمت كل التفاعلات الكيمائية تقريباً. والواقع أن الماء هو أقرب المواد إلى تحقيق تلك الأمنية القديمة العقيمة في العثور على "إكسير الحياة".

إن الفكرة القائلة إن خصائص الحياة لا تظهر إلا عندما تكون

الأحوال الداخلية والخارجية كالمطلوب تماماً، تؤدي بنا إلى النظرة إلى الحياة على أنها عملية، وبذلك لا يكون لنا مفر من الوصول إلى الفكرة القائلة إن الحياة ليست شيئاً يتميز أساساً عن المادة–الطاقة، وعن المكان–الزمان. وهكذا تتكون لدينا الفكرة التي تقول إن ظواهر الحياة خصائص انبثقت من أجهزة فيزيائية رفيعة التنظيم، تنتمي إلى نمط معين. فصفات العملية الحية أو خصائصها ترتبط على الدوام بنوع معين من التنظيم الكيمائي أو الفيزيائي. والشيء الذي ينظم على هذا النحو، نسميه كائناً عضوياً. وهذه الطريقة في تفسير وجود الكائنات الحية وسلوكها تسمى "بنظرية الخصائص المنبثقة **Theory of emergent properties**".

والواقع أن نظرية الخصائص المنبثقة هي في حقيقتها محاولة لتعليل الصفات الملاحظة لأشياء كثيرة إلى جانب الكائنات العضوية الحية.ولذا فإن النظرية، مع نوع الصورة التي تقدمها للعالم، تستحق بعض البحث، لاسيما وهي تكون مفهوماً شائعاً أثيراً لدى العلماء. كما أنها محاولة للتوحيد بين البيولوجيا والفيزياء، وللتوفيق بين سلوك الحيوانات وبين سلوك الأجهزة الفيزيائية بمعناها الدقيق.

وفي استطاعتنا أن نقرب نظرية "الانبثاق" إلى الأذهان عن طريق مثال لمركب كيمائي بسيط، كالماء. فللماء، كما رأينا من قبل، أهمية بيولوجية كبرى. ويتألف كل جزئ من الماء من ذرتين من الأيدروجين وذرة

واحدة من الأكسيجين. والأيدروجين غاز خفيف الوزن غير قابل للاشتعال. وهو يتحول إلى السيولة عند درجة ٤٢٣[1] تحت الصفر، ويتجمد عند درجة ٤٣٤ تحت الصفر. أما الأكسيجين فهو بدوره غاز في درجات الحرارة العادية. وفي درجة ٢٩٧تحت الصفر يتحول الأكسجين إلى سائل، ويتجمد في درجة ٣٦٠ تحت الصفر ويتفاعل الأكسجين والأيدروجين معاً بحيث تنطلق عن التفاعل طاقة كبيرة. وليس هذا التفاعل، من الوجهة الكيمائية، إلا أكسدة للأيدروجين من أجل تكوين الماء. وفي الماء تظهر خواص تختلف تماماً عن خواص الأيدروجين أو الأكسجين. فالماء سائل في درجات الحرارة العادية. وهو يتجمد عند درجة ٣٢، ويغلي عند درجة ٢١٢. وهو يتمدد عند تجمده،كما أنه موصل جيد للحرارة، وله عدد من الخواص الأخرى ذات الأهمية العظمى.

والواقع أن خواص الماء لا تبدو مرتبطة على أي نحو بخواص الأيدروجين والأكسيجين. فالصفات الفيزيائية والكيمائية المميزة للماء تبدو متوقفة على طريقة ارتباط الأيدروجين والأكسيجين في جزئ الماء. وبعبارة أخرى، فخواص الماء "تنبثق" من تنظيم الجزئيات.

ولنضرب مثلاً آخر: فالنشا والسليولوز مادتان كربوايدراتيتان معقدتان. وفي هاتين المادتين تتشابك جزئيات السكر البسيطة في سلاسل طويلة لتكوين جزئيات معقدة وكبيرة جداً. وفي كلتا المادتين يوجد

---

[1] دراجات الحرارة هنا كلها بمقياس فهرنهيت. (المترجم)

نفس النوع بعينه من وحدات السكر البسيطة، غير أن الطريقة التي تترابط بها هذه الوحدات مختلفة في كلتا الحالتين. ويبدو أن الفارق في التنظيم هو السبب فيما يتصفان به من خصائص متباينة. فالنشا مادة غذائية هامة، يسهل هضمها، وتدخل في تفاعلات كيمائية كثيرة. أما السليولوز فهو المادة التي يصنع منها الورق، وهي مادة غير قابلة للهضم، صلبة، ثابتة كيمائياً. ولاشك في أن من غير الممكن التنبؤ بخواص النشا والسليولوز على أساس خواص جزئيات السكر ذاتها، وإنما تنشأ هذه الخواص عن الطريقة التي تنظم بها جزئيات السكر الصغيرة في سلاسل جزيئية طويلة. وبعبارة أخرى، فإن الخواص المفيدة، التي يمكن ملاحظتها وقياسها، لكل من المادتين، تنبثق من الطريقة الخاصة التي ينظمان بها. ولا يمكن تفسير خواص النشا والسليولوز على أساس طبيعة الجزئيات الصغيرة التي تدخل في تركيبهما فحسب.

والواقع أن انبثاق خواص معينة من التنظيم الفيزيائي لشيء أو مادة ما، هو فكرة تنطبق على الأشياء التي صنعها الإنسان، مثلما تنطبق على الأشياء التي تحدث بالطبيعة. فمن الممكن استخدام كمية من الصلب والنحاس والمطاط في صنع آلة حاسبة، أو سيارة، أو غواصة، أو رئة صناعية. ولكل من هذه الآلات خواص مختلفة، واستعمالات متباينة. ولا ترجع خواصها الهامة إلا إلى الطريقة التي نظم بها الصلب والنحاس والمطاط. فلا يمكن التنبؤ مقدماً بخصائصها ووظائفها وأغراضها على

أساس خواص المواد الخام التي تدخل في تركيبها. وهذا يصدق أيضاً على المنظمات البشرية، وعلى جماعات الناس التي تعمل سوياً. فالخواص والصفات التي تتسم بها جماعة تابعة لتنظيم الكنيسة، تختلف عن خواص الجماعة التجارية. وعلى الرغم من أن بعض أعضاء الجماعة الأولى قد يكونون أعضاء في الجماعة الثانية بدورها، فإن لجماعتين تختلفان نظراً إلى اختلاف تنظيماتهما الداخلية وأغراضهما.

إن فكرة الخواص المنبثقة توجد بأسرها في تجربتنا العادية. وهي تبدو طريقة منطقية مفيدة للنظر إلى تلك الأشياء الهائلة التنوع، التي نجدها في العالم المحيط بنا.

على أن الكائن العضوي أعقد بكثير من الماء والنشا والآلات الحاسبة وغيرها من الأمثلة التي تحدثنا عنها. وإنا لنذكر ما قلناه عن الأميبا من أنها حيوان وحيد الخلية يتسم بالضآلة والبساطة. ولكن هذه الأميبا، التي قد تبدو بسيطة إذا ما قورنت بأشكال أخرى أعلى تنظيماً للحياة، كالكلب أو الشجرة، تعد مع ذلك كتلة من المادة الحية شديدة التعقيد. فمن التركيب المعقد لهذا الكائن الضئيل، تنبثق مجموعة محددة من الخواص.هذه الخواص تشمل سلوك الأميبا وشكلها، وخواص الاستجابة والأيض والتكاثر، وهي الخوص التي نصف هذا الكائن الصغير على أساسها بأنه حي. على أن البكتريا وبيضات الجمبري، عندما كانت في الحالة المجففة، لم تظهر فيها خصائص الحياة لأن تركيبها الباطن لم يكن

يتيح ظهور هذه الخصائص. وعند إضافة الماء إلى تركيبها، أدى ذلك إلى انبثاق الخواص التي تميز بها الأحياء. فالأبواغ والبيضات المجففة هي نوع من "الحياة الجاهزة للاستعمال".

والواقع أن نظرية الخواص المنبثقة ليست بالفكرة الجديدة. فقد كانت موجودة منذ أيام أرسطو وغيره من الفلاسفة اليونانيين القدماء، ثم استعين بها في تفسير التطور والنمو والتقدم، وأنماط السلوك، وأمور كثيرة غيرها. والنتيجة العظيمة الأهمية لنظرية الانبثاق هي التوحيد بين عالم البيولوجيا وعالم الفيزياء. فالحياة، تبعاً لهذه النظرية، ليست شيئاً متميزاً مختلفاً على نحو خفي عن المادة غير الحية، وإنما الحياة مجموعة من الخصائص التي تظهر في شيء منظم بطريقة معينة تنظيماً رفيعاً. وما الكيمياء الحيوية والفسيولوجيا إلا فرعان للعلم يهدفان إلى دراسة التفاصيل المادية لهذا التنظيم.

وكلما ازداد الكائن العضوي تعقيداً، كانت خصائصه المنبثقة أشد تعقيداً وأوضح غائية. وعلى أساس هذه الطريقة في التفكير يكون من العبث أن نتساءل إن كان الإنزيم أو الفيروس أو الجنين حياً أم غير حي، إذ إن الخصائص التي تتبدي في كل منها ناتجة عن تركيبه وتنظيمه المادي. فإذا كانت بعض هذه الخصائص مشابهة لبعض خصائص الكائن العضوي، فمن الواجب أن تعد هذه الأشياء حية بهذا المقدار على الأقل.

وتفيدنا نظرية الخواص المنبثقة في تحديد موقع البيولوجيا من العلم

في مجموعه، فهي تكشف لنا بوضوح عن أنواع تصورات الحياة التي تتمشى مع تركيب المعرفة العلمية. ولقد أشرنا في مناقشتنا السابقة للكائنات العضوية في الفصل الثامن إلى أن الحياة لا يمكن تعريفها إلا على أساس خواص الكائنات الحية. وعرفنا الكائن العضوي بأنه نظام فيزيائي تظهر فيه خواص الاستجابة والأيض والتكاثر بطريقة متآزرة تنظم نفسها بنفسها. ثم بحثنا في عدد من جوانب البيولوجيا، ووجدنا أن الكائنات العضوية المختلفة تتشابه في وظائفها وتنظيمها إلى حد ملحوظ. فلنتساءل الآن: ماذا عسى أن يكون تأثير نظرية الخواص المنبثقة في مفهومنا عن الكائن العضوي؟

إن نظرية الخواص المنبثقة تنبئنا بأن هناك خواص معينة تنبثق من التركيب الخاص المعقد للكائن العضوي. هذه الخواص المنبثقة تشمل الأيض والاستجابة والتكاثر، وبعبارة أخرى فكلما تفعله النظرية هو أن تعود بنا مرة أخرى إلى تعريفنا الأصلي، دون أن تضيف شيئاً إلى معرفتنا أو فهمنا للعالم الحي. فهي لا تجيب عن السؤال عما إذا كان الكائن الحي أكثر من مجرد جهازه المادي أم لا. وهي لا تلق ضوءاً على مسألة ما إذا كان هناك عنصر روحي أو حيوي في الجهاز الحي.

* * *

لقد اتجه الإنسان دائماً إلى ملء العالم المحيط به بالأرواح. فقد اعتقد أن المخلوقات الحية، ولاسيما الحيوانات، تسكنها أو تتحكم فيها

روح أو نفس غير منظورة. ولاشك أن هذا الاعتقاد قد نشأ أصلاً (وما زال ناشئاً) عن شعور كل شخص بأنه أكثر من مجرد جسم، وأكثر من مجرد آلة. فأنا أشعر حدسياً بأن في جسمي ذلك "الأنا" الواعي الذي يكون ماهيتي الحقيقية. هذه النفس المركزية أكثر من مجرد صفة تنبثق من الجهاز المعقد الذي يكونه جسمي. وعلى الرغم من أنني أعلم أنني سأموت، وربما غداً، فإني لا أستطيع أن أتصور حالة من عدم الوجود، ولذا فلابد لي من أن أتصور أن لنفسي خاصية لا نهائية، ووجوداً أزلياً ينبغي آخر الأمر أن تكون له طبيعة لا مادية. ومن هنا تضفي على النفس حقيقة موضوعية تعلو على البدن المادي البحت.

هذه الطريقة في تفكير المرء عن نفسه تؤدي به إلى التفكير في الناس الآخرين على نفس النحو، أي على أن لهم بدورهم نفوساً لا تخمد. ومن السهل أن تنتقل هذه النظرة إلى الحياة إلى طريقتنا في تصور حياة المخلوقات الأخرى ووجودها. وقد تبلغ هذه النظرة التي نشبه فيها العالم بالإنسان حد التطرف الشديد في بعض الأحيان: فتنسب أرواح إلى النباتات والأشياء غير الحية، بالإضافة إلى الإنسان والحيوان. وقد تضمن كتاب في التاريخ الطبيعي ظهر في القرن السادس عشر مناقشة للعداء و الخصومة التي كانت يعتقد أنها موجودة بين الأشياء المختلفة: إذ كان يظن مثلاً أن هناك "تنافراً ملحوظاً" بين الثوم وحجر المغنطيس. ومن المعروف أن حجر المغنطيس هو حديد خام ممغنط، يجذب الأشياء الحديدية إليه

بطبيعة الحال. ولقد كانت المغنطيسية، بالنسبة إلى الناس في ذلك القرن، ظاهرة شديدة الغموض، بل فوق الطبيعية. وكان يعتقد أن الخصومة بين الثوم وحجر المغنطيس بلغت من الشدة حداً يجعل قطعة حجر المغنطيس التي تغمس في الثوم تفقد قدرتها المغنطيسية فوراً. أما اليوم، فيبدو لنا من الغريب أن يؤمن الناس برأي كهذا، ما دام اختباره أمراً بسيطاً وحاسماً. ومع ذلك فلنذكر أن "دراسة" الطبيعة، في القرن السادس عشر، كانت استنباطية، لا استقرائية.

إن مسألة كون الكائنات العضوية الحية مختلفة أساساً عن الكائنات غير الحية أم لا، ما زالت بلا جواب. فمن المعروف أن الكائن العضوي حزمة من التفاعلات الكيمائية الدقيقة. ومن المعروف أيضاً أن كثيراً من خواص الكائن العضوي هي خواص تنبثق من تنظيمه الفيزيائي والكيمائي الدقيق الخاص. تلك أمور نعرفها من الملاحظة والأقيسة. كما نعرف أنه عندما تؤدي قوة ما– كالمرض، أو وقوع حادثة، أو الشيخوخة– إلى إبطال هذا التنظيم، فإن خصائص الكائن العضوي لا تعود ظاهرة. غير أن هذا كله لا يجيب عن السؤال: "هل الكائن العضوي آلة فحسب، مهما كان من تعقد تنظيمه، ومن روعة خواصه المنبثقة، أم أن الكائن العضوي، بالإضافة إلى تعقده المادي،تنظمه وتشرف عليه روح أو قوة حيوية معينة"؟.

إن كل كائن عضوي يبدو أنه يسلك بقدر من الغرضية. فكل كائن عضوي، مهما كانت بساطته وانحطاطه، يبدو ذا حيوية تضفي عليه حياته

وهدفه من الوجود. ويكاد يكون من المستحيل أن يدرس المرء التطور الجنيني لأي حيوان دون أن يتملكه العجب لتلك القوى الظاهرة التي تسعى إلى التعبير عن ذاتها بوصفها كائناً ذا تنظيم دقيق، وفعالية تامة. وإن من يتأمل الأمر ليبدو له كأن هناك قوة حيوية جبارة تبني الكائن الحي وتنظمه على أساس خطة مرسومة مقدماً، وتحقق هدفاً محدداً من خلال هذا الكائن العضوي.

والسؤال هو ما إذا كانت هذه القوة الحيوية جزءاً فعلياً موضوعياً من الكون، أم أنها مجرد خاطر تواضع عليه البشر واتخذوا منه طريقة للتفكير وسبيلاً إلى الأمل؟ لقد ظلت هذه المسألة طويلاً موضع نزاع شديد. وهناك علماء بيولوجيون يؤيدون فكرة القوة الحيوية، وهم يسمون بأنصار المذهب الحيوي **Vitalists**. وأنصار المذهب الحيوي هؤلاء يرون أنه لابد من قوة حيوية من أجل وجود أي شكل من أشكال الحياة. فلكل كائن عضوي جسم مادي، وهو يؤدي وظائفه عن طريق مجموعة كبيرة من التفاعلات الكيمائية، ويشق طريقه في العالم بواسطة هذه العمليات الآلية المادية. غير أن أنصار المذهب الحيوي يرون أن من المستحيل أن تكون هذه العمليات الآلية المعقدة قد ظهرت بالصدفة المحضة، ولم يكن من الممكن بقاؤها واستمرارها على سطح الأرض بخواصها المادية وحدها. فهم يؤمنون بأن من الضروري افتراض وجود قوة كونية مسئولة عن تنظم العمليات الحيوية والمحافظة عليها، وبالتالي فإن كل كائن عضوي فردي ليس إلا تعبيراً عن هذه القوة الحيوية.

أما خصوم فكرة القوة الحيوية فيسمون بأنصار الآلية **Mechanists**. وهم يذهبون إلى أن فكرة القوة الحيوية بأسرها ليست إلا تخريفاً انفعالياً فحسب. والسبب الوحيد في ظهور هذه الفكرة لانفعالية هو أننا مازلنا نجهل الكثير عن تفاصيل العمليات الآلية للحياة. فلكل ظاهرة عملية آلية مادية تقوم على أساسها هذه الظاهرة. وليس هناك ما يدعو إلى الاعتقاد بأن الحياة تختلف عن غيرها من الظواهر في هذا الصدد. فما الحياة إلا مجموعة من الخواص التي تنبثق عن تنظيم معقد للكائن العضوي. وعلى الرغم من أننا مازلنا جاهلين إلى حد مؤسف بالعمليات الحيوية،فسوف نفهمها آخر الأمر، حتى إلى الحد الذي يتيح لنا تكوينها صناعياً.

وتمثل وجهتا النظر هاتان– وأعني بهما المذهب الحيوي في مقابل المذهب الآلي– مفترق طرق في أساليب التفكير، وهو مفترق طرق عظيم الأهمية. فإذا اختار المرء المذهب الحيوي، كان بذلك يختار مفهوم النفس البشرية، وفكرة الله، والعالم الذي يكون للحياة فيه معنى يتجاوز وجودها المباشر. أما أولئك الذين يسيرون في طريق الآلية، فهم يهيمون في عالم قاتم معتم، لا فرق فيه بين الأحياء وغير الأحياء إلا بالتعقد الزائد للأولين. وعلى صاحب المذهب الآلي، الذي يسير في الكون وحيداً عارياً، أن يخلق أهدافه ومسئولياته الخاصة، وأن يجد في وجوده الخاص الزائل معنى العالم الذي يعيش فيه. ولقد بذل البعض محاولات للاهتداء

إلى حل وسط، ولكن لا يوجد حل وسط. فإما أن تكون في الكون قوة حيوية كهذه وإما ألا تكون.

فما هو موقع السؤال عن وجود القوة الحيوية أو عدم وجودها بالنسبة إلى العلم؟ إن الرد بسيط جداً: فليس لهذا السؤال موقع بالنسبة إلى العلم على الإطلاق. ومهما بدا هذا الرد بسيطاً، فإنه مضلل إلى حد بعيد، وهو يقتضي قدراً كبيراً من التفسير. فعلى الرغم من تلك المناقشات الطويلة الحامية التي دارت حول هذا الموضوع في الأوساط البيولوجية، فإن المشكلة ليست علمية، وإنما هي فلسفية. والمسألة هنا، كما في كل اختيار فلسفي آخر، هي أنك تستطيع أن "تدفع نقودك وتختار ما تشاء" ثم تقف مدافعاً عن موقفك ضد كل المهاجمين. والواقع أن العلماء، شأنهم شأن كل الأفراد المفكرين، لهم بدورهم فلسفاتهم. ولابد أن تؤدي معتقداتهم الفلسفية إلى تشكيل طريقتهم في تفسير المعرفة العلمية. غير أن هذه الضرورة الحتمية لا تؤدي إلى جعل فلسفاتهم علمية.

إن العلم معرفة للكون المادي، نكتسبها بقياس الأشياء والقوى الموجودة في هذا الكون. ومن المحال تكوين فكرة علمية عن قوة لا يمكن كشفها أو قياسها بطريقة موضوعية محددة. على أن أحداً لم يتمكن حتى الآن من وضع طريقة لقياس القوة الحيوية. ولو توصل أحد العلماء إلى وسيلة لإثبات هذه القوة بطريقة قابلة للقياس، لبدأت فكرة القوة الحيوية عندئذ تتخذ لنفسها مركزاً علمياً.

ولاشك في أن الفلسفة الآلية تستفيد من كل ما أجرى من قياسات لأشكال الحياة وأوجه نشاطها. ونحن لا يعوزنا الدليل على أن الكائنات العضوية مؤلفة من ألوف العمليات القابلة للقياس. غير أن تأكيد صاحب المذهب الآلي بأن الكائن العضوي "ليس إلا" آليات مادية، هو مسلمة لا يمكن إثباتها بالتجربة.فليس ثمة وسيلة لإثبات أنه لا يوجد شيء من وراء ما يمكن ملاحظته وقياسه. ومن هنا فإن فلسفة "ليس إلا" هي ميتافيزيقا قطعية محدودة الأفق.

أما صاحب المذهب الحيوي فيؤكد أن من المستحيل تقديم كامل للكائن العضوي على أساس أنه ليس إلا آلة جيدة التشحيم. غير أنه لا يستطيع بدوره أن يثبت تأكيداته، إذ إن عليه أن يصدر مسلمة لا يمكن اختبارها. فلابد لصاحب المذهب الحيوي أن يسلم بأن القوة الحيوية هي قوة تنظيمية لا يمكن أن تكون هي ذاتها عملية آلية أخرى. وهكذا يتضح أن الطريقتين الآلية والحيوية في النظر إلى العالم الحي تنطويان معاً على مسلمات لا يمكن اختبارها.

إن هناك قاعدة عملية يتبعها علماء البيولوجيا المعنيون بدراسة سلوك الحيوانات، تعرف باسم "فانون هارفارد البيولوجي". ومع احترامنا الكامل للجامعة التي يحمل هذا القانون اسمها، فإن "قانون هارفارد" ليس قانوناً علمياً على الإطلاق، وإنما هو طريقة موفقة للحيلولة بين البيولوجين وبين فقدان عقولهم. وينص "قانون هارفارد" هذا على أن "الحيوانات، في

الظروف التجريبية المحددة بدقة، تتصرف كما يحلو لها". هذه القاعدة، بالنسبة إلى صاحب المذهب الحيوي، اعتراف بأننا لا نستطيع أن نرجع الكائن العضوي إلى مجرد مجموعة معقدة من العمليات الآلية. أم بالنسبة إلى صاحب المذهب الآلي، فكل ما تعنيه هو أننا ما زلنا نجهل الكثير عن العمليات الآلية التي ينطوي عليها التركيب المعقد للحيوان.

ولقد بذلت محاولات كثيرة لإيجاد تسوية تجريبية للنزاع بين المذهبين الحيوي والآلي. ومن أشهر الجهود التي بذلت في هذا السبيل، دراسات تجريبية أجريت على قنفذ البحر، وهو حيوان صغير غريب يحيا في قاع المحيط، وله شبه بنجم البحر **starfish** من حيث إنه ينتمي إلى نفس الفئة الحيوانية الكبيرة، أي الشعبة. وقد دأب العلماء على استخدام بيض قنفذ البحر في التجارب الخاصة بالنمو الجنيني: إذ إنها تلائم هذا النوع من الأبحاث لأن من السهل الحصول عليها، ولأن تطورها يمكن أن يلاحظ بسهولة. وقد لجأ "هانس دريش **Hans Diesch**"، وهو عالم بيولوجي ألماني مشهور في القرن الماضي[1]، إلى استخدام بيض قنفذ البحر في تجاربه الخاصة بالنمو. وكان دريش من أنصار المذهب الحيوي، وقد اعتقد في وقت ما أنه توصل إلى تصميم تجربة قد تؤدي إلى تسوية النزاع بين المدرستين الفكريتين بطريقة نهائية حاسمة.

---

[1] عاش هانس دريش من عام ١٨٦٧ إلى عام ١٩٤١، وكتب أهم مؤلفاته في الربع الأول من القرن العشرين، لا في القرن التاسع عشر كما ذكر المؤلف. (المترجم)

إن قنفذ البحر، شأنه شأن جميع الحيوانات الأخرى، يبدأ الحياة على هيئة خلية تتألف من بيضة مخصبة. ثم تنقسم هذه الخلية لتصبح خليتين، وتنقسم هاتان لتصبحا أربعاً، وتصبح الأربع ثماني، وهكذا دوليك. وبازدياد عدد الخلايا، تصبح الخلايا الفردية متخصصة، ويبدأ شكل قنافذ البحر الصغيرة في الظهور. وفي خلال الوقت الذي تنقسم فيه البيضة مرات متتالية، لا تكتفي الخلايا الناتجة بأن تتحرك وحدها بحرية، وإنما تتلاصق، بحيث تتكون كتلة من الخلايا. وبمضي الوقت تتحول المناطق المختلفة من هذه الكتلة إلى الأجزاء المختلفة لقنفذ البحر.

وقد رأى هانس دريش أنه لو كان الكائن العضوي آلة فحسب، لوجب أن تكون كل إمكانيات هذه الآلة موجودة في خلية البيضة. وعندما تنقسم خلية البيضة إلى اثنتين، فمن الواجب أن تكون إمكانية تكوين نصف الكائن العضوي موجودة في إحدى لخليتين الناتجتين، بينما تنطوي الأخرى على إمكانية تكوين نصفه الآخر. ومعنى ذلك أننا لو استطعنا أن نفصل الخليتين تجريبياً، بحيث تنمو كل منهما مستقلة عن الأخرى، لكان أقصى ما تستطيع كل منهما عمله هو أن تنمو بحيث تصبح نصف حيوان فقط. ولو حدث أي شيء أكثر من ذلك لكان دليلاً ايجابياً على أن هناك قوة حيوية منظمة تؤثر فيها.

وقد تمكن دريش، عن طريق استخدام جهاز الاهتزازات Vibrator، من الفصل بين الخليتين الناتجتين عن انقسام بيضة قنفذ

البحر، ثم لاحظ، بصبر وقلق، نمو الخليتين المنفصلتين وتطورهما، وهما تنقسمان مراراً حتى تكونا كتلا من الخلايا الجنينية. وراقبهما بشغف بالغ وهما تكونان قنفذي بحر صغيرين. فقد تطورت كل من الخليتين الأصليتين بحيث أصبحت قنفذ بحر سليم كامل. أي أنه حصل من بيضة واحدة على قنفذي بحر، ولم ينتج منها نصفان. وقد فسر تجربته هذه بأنها دليل ايجابي قاطع على وجود قوة حيوية، إذ لا يمكن التوصل إلى هذه النتيجة إلا إذا كان هناك نوع من القوة الهادفة المنظمة التي تتجاوز نطاق الآلية البحتة. فلا شيء أقل من هذه القوة كان خليقاً بإنتاج كائنين عضويين كاملين حيث كان من الواجب ظهور واحد فحسب. ومن المحال أن تقوم آلة شطرت نصفين بعمل كهذا.

على أن التفسير الحيوي لتجارب هانس دريش لم يعد مقبولاً اليوم. فلم يكن دريش يعرف شيئاً عن الجينات، كما أنه لم يكن يستطيع أن يعرف أنه عندما تنقسم الجينات، تكون لكل خلية ناتجة مجموعة كاملة من الجينات. وإذن فكل خلية تنطوي على إمكانية التحول إلى قنفذ بحر كامل. والخليتان اللتان تلتصقان سوياً تتطوران، على نحو لم نفهمه بعد فهماً كاملاً، إلى وحدة ذات خليتين، بدلاً من وحدتين لكل منهما خلية واحدة. وهكذا فإن تجارب هانس دريش لم تثبت وجود قوة حيوية، ما دام من الممكن تفسير نتائجه تفسيراً كافياً على أساس آلي.

إن هناك مبحثاً يقع في منطقة الحدود المعتمة الواقعة بين العلم

المشروع وبين الدجل العلمي الصريح، يسمى بالباراسيكولوجي **Parapsychology** ما وراء علم النفس). هذا المبحث يتناول ظواهر جلاء البصيرة **Clairvoyance** والاستشفاف الذهني **Mental telepathy**، وما يتصل بهما. ولاشك أن هذا الموضوع أوسع وأعقد من أن نستعرضه هنا، غير أن له جانباً يمس فكرة القوة الحيوية. وأشهر الشخصيات المشتغلة بهذا العلم في القرن العشرين هي شخصية ج. ب. راين **J. B. Rhine**، الذي كتب عدة كتب ومقالات في المجلات حول هذا الموضوع. وينصب اهتمام راين على الاستشفاف الذهني والذي يطلق عليه اسم "الإدراك فوق الحسي **Extra- sensory perception**" (ويعرف بالحرف الأولى الثلاثة للتعبير الإنجليزي، وهي **ESP**). والمفروض أن الإدراك فوق الحسي هو إدراك لا يمكن تعليله على أساس أية أعضاء حسية أو آليات عصبية، وإنما هو في رأي "راين" ناتج من قوة الذهن ذاته. ومن هنا فليس من الواجب وصفه من خلال العمليات الآلية، أي مجرد علاقات العلة والمعلول الكيمائية. والواقع أن "الإدراك فوق الحسي" على ما يبدو، مشابه إلى حد بعيد للقوى الحية، من حيث إن المفروض أنه قوة أو تأثير يتجاوز الآليات المادية الكيمائية والفيزيائية للجهاز العصبي. على أن معظم العلماء لا يقبلون أبحاث راين لأنهم يشعرون بأن مناهجه التجريبية لم تستوف شروط الانضباط أو التقنين اللازم. كذلك فإن نتائجه مشكوك فيها لأن لفظ "فوق الحسي" ينطوي على تجاوز لنطاق المبادئ العلمية، وهذا، في نظر معظم العلماء، صوفية مغرقة. وهكذا فإن

المفاهيم المتعلقة "بالإدراك فوق الحسي" تصادف نفس الاعتراضات العلمية المشروعة التي تصادفها الأفكار المتعلقة بالقوة الحيوية.

إننا نبدأ، في جميع فروع العلم، من واقعة وجود شيء أو حادث قابل للملاحظة وكذلك الحال في علم البيولوجيا. ففي هذا العلم ينظر إلى الكائن العضوي على أنه إحدى الوقائع الصلبة المؤكدة في الطبيعة. ونحن نصف هذا الكائن العضوي بأنه حي، ونعرف الحياة من خلال الخواص التي يمكننا ملاحظتها في الكائنات الحية. ونحن نبحث في هذا الصدد عن أبسط الكائنات العضوية، على أساس أنها تتيح ابسط تعريف للحياة. ومن الممكن تقسيم الكائن العضوي إلى عدد كبير من الظواهر التي هي أبسط منه، أو تركيبه في ظواهر أعقد منه، كما هي الحل في دراسة الأشكال الاجتماعية. غير أننا نستطيع أن نهتدي فيه دائماً إلى عمليات آلية يمكن قياسها، تصف ما يفعله الكائن العضوي، وما تتمثل فيه من الخصائص. ولما كانت هذه القياسات هي هدف العلم، وهي أيضاً حدوده التي لا يتعداها، فمن التناقض أن نؤكد أن لدينا أفكاراً عما يوجد وراءها. فالقوة الحيوية غير الملموسة، التي تتولى توجيه الكائن العضوي المعقد والمحافظة عليه، هي فكرة غير قابلة للاختبار، وتؤدي إلى مزيد من التعقيد، وغير علمية على الإطلاق.

* * *

ومن ناحية أخرى، فإن أنصار الفلسفة الآلية يواجهون بدورهم

صعوبات خاصة بهم. فقد كانت الآلية الدقيقة فلسفة يسهل اعتناقها في القرن التاسع عشر، حين كان يعتقد أن الكون آلة هائلة. وعلى الرغم من التعقيد الواضح الذي تتسم به هذه الفكرة، فإنها لم تكن تبدو شديدة الغموض من وجهة النظر العلمية، إذ إن كل حادث كان يفسر على أساس العلية الدقيقة، ولم يكن هناك آخر الأمر ما يسمى بالصدفة. فما يحدث في لحظة معينة هو النتيجة الطبيعة المحتومة لما حدث في اللحظة السابقة، وهو بدوره يتحكم فيما سيحدث في اللحظة التالية، أي أن الماضي يتحكم تماماً في المستقبل. وفي مثل هذا المذهب لا توجد أية إمكانية لحرية الاختيار. فالإنسان وكل الكائنات الحية الأخرى لا يمكن أن يكونوا أكثر من آلات، ما دام بأسره متحدداً في اتجاه لا يتبدل منذ بداية الزمان. ولو كانت هناك قوة حيوية منظمة موجهة مانحة للحياة، لكان معنى ذلك وجود قدر من الحرية، ولكان معناه أن المخلوقات الحية تبدي بعض الاستقلال عن العلية المطلقة، وبعض القدرة على تحدي الآلية الشاملة. على أن مثل هذه الفكرة كانت منافية لكل معرفة علمية. ولذا كان من الواضح تماماً أن الكائن العضوي لا يمكن أن يكون أكثر من مجموعة شديدة التعقيد من العمليات الكيمائية والفيزيائية، التي تنبثق منها خواص الحياة.

على أن الانقلاب الذي حدث في العلم في القرن العشرين قد حدث فجوة كبيرة في فكرة الكون المتجدد تماماً هذه. فقد انهارت مسلمة العلية في نفس الوضع الذي كان الحاجة إليها أشد ما تكون فيه،

أعني بين الجسيمات الصغرى للعالم الفيزيائي. ولم يعد من الممكن القول إن العالم الآلي، الخاضع للعلية، هو أمر يقيني من الوجهة العلمية. فالآلية، كالحيوانية، قد أصبحت اختياراً فلسفياً.

ولقد أصبح لزاماً علينا أن نفسر الظواهر الطبيعية على أساس الاحتمال، بدلا من يقين العلية الصارمة. وهكذا أصبحت القوانين والمبادئ والنظريات العلمية أوصافاً إحصائية لما يحدث في العالم. ولكن لو لم يكن يسود في العالم إلا الاتفاق والاحتمال المحض، لكان العالم مجرد جمع عشوائي بين الجزيئات. غير أن من الواضح أن العالم ليس شيئاً عشوائياً، وإنما هو منظم ومتكامل. وقد أدى ذلك بكثير من العلماء إلى الاعتقاد بضرورة وجود قوة مضادة للاحتمال **Anti- probability force**، هي السبب في تلك الأشياء والحوادث المحددة التي نلاحظها. فلا يمكن أن يكون الإنسان أو الشجرة أو الفيروس أو "الجين" ناتجاً عن الاتفاق المحض وحده، بل ينبغي أن تكون هناك قوة أو عامل ينظمه ويحفظه، ويتحكم في الاحتمالات ويشكلها. ولقد أطلق على هذه القوة اسم القوة المضادة للاحتمال، أو المضادة للصدفة. ولا بأس، من وجهة نظر عالم البيولوجيا، أن نسميها بالقوة الحيوية.

ولقد تلقت فلسفة المذهب الآلي ضربة أخرى عندما وضعت نظرية النسبية، واستكشفت نتائجها. فقد تبين عندئذ أن العالم، وهو ذهن بشري، ليس ملاحظاً بالمعنى المطلق، وأن ملاحظاته وقياساته ليست

أوصافاً مطلقة للأشياء الفعلية، وإنما هي نسبية تبعاً لموقعه بوصفه ملاحظاً، وهي أيضاً نسبية تبعاً للآلات التي يستخدمها. وهكذا يصبح الملاحظ جزءاً من التجربة، ولا تكون الأفكار والنظريات العلمية بالضرورة أوصافاً لما هو واقعي موضوعياً، بل تكون أوصافاً لواقع منسوب إلى الذهن البشري. والذهن ذاته قد يشكل وينظم واقعاً من فوضى عشوائية. وهكذا قد يكون لأوجه نشاطنا الذهنية، أعني ذهن الإنسان، بعض خصائص القوة المضادة للاحتمال، بل بعض خصائص القوة الحيوية.

ولقد اتضح أن المادة، ذلك الجوهر القديم المألوف الذي يتألف منه العالم، هي أقرب إلى الغموض. فالمادة يمكن أن تتحول إلى طاقة، وإن لم تصدق هذا القول فلدينا بعض القنابل التي تثبته. والطاقة بدورها يمكن أن تتحول إلى مادة. وتبدو الجسيمات دون الذرية للمادة أشبه بجيوب للطاقة. وهكذا فإن الكون المؤلف من مادة لا يختلف عن الكون المؤلف من طاقة. وقد أدت هذه الأفكار بالفيزيائي الإنجليزي المشهور "السير جيمس جينز" إلى النتيجة القائلة إن الكون قد يكون في أساسه ذا طبيعة روحانية.

إن المذهب الحيوي والمذهب الآلي يمثلان طرفي قياس إحراج[1]. وليست إحدى هاتين الفلسفتين بأكثر اتساقاً مع العلم من الأخرى.

---

[1] قياس الإحراج **Dilemma** هو نوع من الاستدلال يتضمن طرفين لا مفر من قبول أحدهما، ولكن كلا منهما يؤدي إلى نتائج ممتنعة أو يستحيل الأخذ بها. (المترجم)

فكلتاهما تتضمن مسلمات لا يمكن تحقيقها، تتعلق بما قد يكون موجوداً بالإضافة إلى ما نلاحظه ونقيسه، إن كان ثمة شيء كهذا. فصاحب المذهب الآلي يقول إنه لا يوجد شيء من وراء الواقع الذي نلاحظه. وصاحب المذهب الحيوي يدعي أنه لابد أن يكون هناك شيء أكثر من ذلك. وحتى لو توصل أحد علماء البيولوجيا أو الكيمياء الحيوية إلى كشف الطريقة التي يمكن بها خلق كائن عضوي في أنبوبة اختبار، لظلت المعضلة مع ذلك دون حل: إذ إن صاحب المذهب الآلي سيقول عندئذ: "أرأيت؟ ألم أقل لك؟" بينما يرد صاحب المذهب الحيوي: "أخيراً عرفنا كيف نستخدم القوة الحيوية". وعند هذه النقطة تتوقف المسألة– جامدة بلا حل.

ولنعد الآن إلى سؤالنا الأصلي: "هل عالم الفيزياء وعالم البيولوجيا عالم واحد؟" إنه من وجهة نظر العلم عالم واحد: فهو عالم واحد لأن المسلمات والمناهج والحدود واحدة في البيولوجيا وفي الفيزياء. فنحن في كلتا الحالتين نقتصر على الملاحظة والوصف والتجريب والقياس. وفي كل هذين الفرعين للعلم، ينظر إلى حدوث الأشياء والحوادث على أنه واقعة، ولا تكون هذه الظواهر معروفة لنا إلا بسلوكها وخواصها الموضوعية القابلة للقياس. أما فيما عدا ذلك فلا يمكننا أن نمضي خطوة واحدة. ولا يمكن أن تكون الحقيقة التي ننسبها إلى الإلكترون أو الكائن العضوي سوى سلوكه وخواصه كما نستطيع قياسها، بناء على المسلمات البسيطة التي تكون أسس العلم.

والواقع أن الحدود التي يفرضها تركيب العلم ذاته عليه تمثل في

حالة البيولوجيا عقبات أخطر بكثير مما تمثله في حالة العلوم الفيزيائية. ذلك لأن علماء البيولوجيا يواجهون يومياً سر الحياة، وفي بعض الأحيان تؤدي بهم ضخامة هذا السر إلى الشعور بأنهم مغلوبون على أمرهم: إذ إن ما عرفناه عن العمليات الحيوية ليس إلا غطاء رقيقاً من الطلاء السطحي الذي يخفي جهلنا العجيب بما يحدث في الكائن العضوي فعلاً، ويصبغ هذا الجهل بصبغة ناعمة لا تكشف وجهه الحقيقي.

إن القرن العشرين قد شهد في نصفه الأول انقلاباً علمياً، كانت الفيزياء هي العامل الرئيسي في حوثه. ولنا أن نأمل أن يؤدي النصف الثاني من هذا القرن إلى ثورة في علم البيولوجيا. ذلك لأن البيولوجيا أصبحت في حاجة ماسة إلى آفاق جديدة، ومفاهيم جديدة، وحرية عقلية جديدة. فنحن لم نواجه بعد تحدي العالم الحي ومازالت الفتوح العقلية الكبرى تنتظر من يتولاها.

الفصل العاشر

لماذا؟

"إن العلم يصطاد في بحر الواقع بنوع معين من الشباك يسعى بالمنهج العلمي. وقد يكون في ذلك البحر الذي لا يمكننا أن نسير غوره الكثير مما تعجز شباك العلم عن اقتناصه".

(السير جيمس جينز)

كان الصبي الصغير ينتظر في ترقب، وقد جلس منتصب الظهر متحفزاً في المقعد الأمامي لسيارة الأسرة. وأخذ أبوه، الذي جلس إلى جانبه أمام عجلة القيادة، يعبث قليلاً بمفتاح المحرك، ثم أدار المحرك.وكانت عين الصبي ذي الأعوام الخمسة ترقب ما يجري في تعجب، ثم بدأ تساؤله:

- "أبي، لماذا تجري السيارة؟"
- "إنها تجري لأن المحرك يجعل العجلات تدور". وكان هذا الرد مرضياً للصبي، ولكن ليس لأنه كانت لديه أية فكرة عن الطريقة التي يستطيع بها المحرك ن يدير العجلات. إن فكرته عن الميكانيكا والآلات كانت ضئيلة أو منعدمة. ومع ذلك كان الجواب مرضياً لأن السلطة التي أدلت به كانت سلطة موثوقاً لها تماماً، هي أبواه ذاته. وإذن ففي

الكفاية: المحرك يجعل العجلات تدور، ولهذا تتحرك السيارة.

وفي أثناء ركوب الأب وابنه في السيارة،كان حب الاستطلاع يتملك الطفل حول أمور كثيرة. فلما رأى قطيعاً من ماشية الألبان في حقل، تساءل: "أبي،لم كانت البقرة؟"

فكان الجواب "البقر يعطينا اللبن واللحم".

ولقد كان هذا بالنسبة إلى تجربة صبي صغير، رداً منطقياً تماماً، فأهمية البقر من حيث هو يمدنا باللبن واللحم تجعل للبقر مكاناً في عالمه، بحيث تكون فائدة البقر مبرراً لوجوده.

وبعد لحظات قليلة، مرق أرنب صغير عبر الطريق.

- "أبي، لم كان الأرنب؟".

- "اسكت يا بني، أرجوك، فأبوك مشغول في القيادة".

* * *

إن السؤال "لماذا" قديم قدم الجنس البشري، إذ أن الإنسان يتميز بحب الاستطلاع الشديد. ويبدو أن التساؤل عن سبب وجود الأشياء وسبب وقوع الحوادث هو سمة تميز الإنسان في كل مكان. وكلما اتسع نطاق المعرفة البشرية وازداد عمقها،أصبح السؤال "لماذا" أكثر دقة وعمقاً، وأصبح من الضروري أن تكون الإجابة عنه أكثر من رد معتمد على سلطة معينة، وأكثر من مجرد وصف لسبب آلي. فعندئذ يصبح السؤال استفهاماً

متعلقاً بصورة وجود الأشياء كما هي في عالمنا هذا، وبالهدف منها.

ومن الممكن أن يتساءل الطفل أو البالغ: "لم كانت السماء زرقاء؟" أما الجواب عن هذا السؤال فيمكن أن يكون بإحدى طريقتين: إحداهما هي: "السماء زرقاء لأن الله خلقها هكذا. غير أن هذا التفسير القطعي لزرقة السماء هو في أساسه تفسير غير مرض، لسبب بسيط هو أنه لا يترك مجالاً لمزيد من البحث. وما أشبهه بالقول إن السماء زرقاء لأنها زرقاء، ولا شيء يمكن أن يقال في هذا الموضوع أكثر من ذلك. فهذا الرد، من الوجهة العلمية، إنما هو تكرار لملاحظتنا أن السماء زرقاء، ولا يقدم إجابة عن السؤال. ولاشك أن مثل هذا التفسير القطعي لزرقة السماء لا يضيف إلى المعرفة البشرية شيئاً، ولا يؤدي إلى فهم أفضل للعالم الطبيعي. على أن من الواجب أن ندرك، بطبيعة الحال، أن السؤال: "لما كانت السماء زرقاء" هو مثال بسيط إلى حد السذاجة للأشياء التي ظل الناس طوال عصور التاريخ يتعجبون لها. ومع ذلك فمن المهم أن نعلم أن سبب رفض التفسير القطعي المبنى على السلطة، حتى بالنسبة إلى سؤال بسيط كهذا، هو بعينه سبب رفض مثل هذه الإجابات بالنسبة إلى المشكلات التي هي أكثر منه تعقيداً.

والطريقة الثانية للرد على السؤال الخاص بسبب زرقة السماء هي تفسيرها على أساس العمليات الفيزيائية الآلية التي تجعل السماء تبدو زرقاء. فالجزئيات الموجودة في الغلاف الجوي للأرض تؤدي إلى تشتيت الموجات الضوئية الآتية من الشمس.

والجزئيات الكبيرة تشتت الضوء بكل أطوال موجاته بالتساوي. أما الجزئيات الصغيرة جداً فلا تشتت إلا الضوء ذا الموجات القصيرة. ومن هنا تبدو هذه الموجات القصيرة وكأنها آتية للعين من كل أرجاء السماء، لا من حول الشمس فحسب. والضوء ذو الموجات القصيرة يبدو أزرق اللون للعين البشرية، ولذا كانت السماء زرقاء.

مثل هذا التفسير الفيزيائي لزرقة السماء لا يحول دون إجراء مزيد من الأبحاث حول هذا الموضوع، فمن الممكن الحصول على مزيد من المعلومات بدراسة خصائص الضوء، وانكساره، واستقطابه، وتركيب الغلاف الجوي ذاته. ومن الممكن تفسير بياض السحب واحمرار الغروب بنفس الطريقة، وبنفس المجموعة من الخصائص الفيزيائية. وهكذا فإن هذه الطريقة في خوض المشكلة تفتح أمامنا مجالاً هاماً من ميادين العلم الفيزيائي. وهي تجمع بين ظواهر السماء الزرقاء وبين أمور مثل المبادئ البصرية للميكروسكوب في نطاق علم واحد. فالسماء الزرقاء تفسر علمياً على أساس الظواهر الفيزيائية التي تؤدي إلى سماء زرقاء، فتكون نتيجة ذلك إدخالها في سلسلة من حوادث العلة والمعاول. وهذا هو رد العلم على السؤال:

"لم كانت السماء زرقاء"؟.

وربما قيل إن الرد العلمي على السؤال المتعلق بزرقة السماء لا يقدم للمشكلة حلاً أفضل من ذلك الذي يقدمه التأكيد القطعي بأن السماء زرقاء

لأن الله خلقها على هذا النحو. فأحد الردين يقول إن السماء زرقاء بالخلق، والآخر يقول إنها زرقاء بالآلية. وكلا الردين لا يقدم أي تفسير للضرورة المنطقية التي تجعل السماء زرقاء، مع أن السؤال "لماذا"هو بمعنى معين سعى إلى فهم تلك الضرورة التي تجعل الأشياء والحوادث على ما هي عليه.

إن الضرورة المنطقية ليست ظاهرة دائماً في النظريات أو الأفكار العلمية بوجه عام. فطالما كنا نتمسك بالموقف الذي تكون فيه كل الظواهر خاضعة لآليات العلة والمعاول الدقيقة، فإن الضرورة المنطقية لمعاول معين تكون ظاهرة، بطريقة غامضة على الأقل. وعندما نفهم شيئاً على نحو يكفي للتنبؤ رياضياً بحدوثه، تكون لهذا الشيء ضرورة من وجهة النظر العلمية، ويكون وقوعه أمراً لا مفر منه من الوجهة المنطقية، وتكون له نفس درجة الضرورة التي يتصف بها المنطق الرياضي الذي استخدمناه في التنبؤ به.

وفي وسعنا أن نوضح هذه النقطة جزئياً على الأقل عن طريق أنموذج ميكانيكي بحت. فلنفرض أن لدينا ترسين أو عجلتين لهما أسنان متداخلة، بحيث إنه إذا دارت إحداهما فلابد أن تدور الأخرى بدورها. ولعجلة التروس الكبرى فيهما ست وثلاثون سناً، أما الصغرى فليس لها إلا اثنتا عشرة. فعندما يدور الترس الكبير دورة كاملة، يدور الصغير ثلاث دورات كاملة نتيجة لذلك. تلك إذن نتيجة لا مفر منها. وضرورتها المنطقية هي نفس الضرورة المنطقية التي تجعل ١٢/٣٦ تساوي ٣، وهي النسبة بين عجلتي التروس.

على أننا لو نظرنا إلى الحوادث الطبيعة على نفس الأساس الذي نظرنا به إلى عجلتي التروس لكنا فيذلك ساذجين إلى حد الإفراط. فالظواهر الطبيعة أعقد بكثير، وأقل آلية بكثير، من مجموعة التروس. صحيح أن الفكرة القائلة بأن الحادث نتيجة ضرورية منطقياً لمجموعة من الأسباب السابقة، ما زالت هي أساس معظم التفسيرات العلمية، غير أن مبدأ اللايقين قد دفعنا إلى اتخاذ موقف يتعين علينا فيه أن ننظر إلى القوانين الطبيعية والمبادئ العلمية على أنها تعبيرات عن الاحتمال، وليست أوصافاً لآليات دقيقة.وهذا يجعلنا أقل وثوقاً من الضرورة المنطقية ل أي حادث. ذلك لأن الحادث الضروري ينبغي أن يكون محتوماً، لا نوعاً من المتوسط الإحصائي. على أن العلماء ما زالوا، لأسباب علمية بحتة، ينظرون إلى الحادث على أنه نتيجة ضرورية لعملية آلية، بل لعملية آلية إحصائية. ومع ذلك فنحن مازلنا حائرين تماماً فيما يتعلق بالضرورة المنطقية لوجود الآلية ذاتها. ولو عدنا إلى مثال عجلتي التروس، لظهر لنا بوضوح أن كلتا العجلتين لابد أن تدور إذا مورست القوة على واحدة منهما. وفي وسعنا أن ندرس هذه النتيجة، ونصل إلى فهم دقيق لعمل التروس. ومع ذلك فإن دراسة التروس ذاتها لا تتضمن شيئاً يفيدنا في بحث مسألة ضرورة وجودها ذاته في العالم.

إن المهمة الصحيحة، والمفيدة، للعلم هي أن يجيب عن الأسئلة المتعلقة بسبب وقوع الحوادث كما نراها، ويرد على أسئلة من أمثال: لم

كانت السماء زرقاء؟ غير أن طريقة الإجابة تقتصر على تفسير العلل والمعاولات القابلة للقياس، والموجودة داخل نظام فيزيائي حاضر بالفعل. وكثيراً ما يقال إنه، نظراً إلى أن العلم محدود على هذا النحو، فإنه لا يستطيع الإجابة عن السؤال "لماذا"، وإنما يجيب فقط عن السؤال "كيف؟". أي أن التفسير الفيزيائي للمظهر الأزرق للسماء لا يخبرنا "لماذا" كانت السماء زرقاء، وإنما يخبرنا فقط "كيف" أصبحت تبدو زرقاء، غير أن هذه التفرقة بين "لماذا" و"كيف" ليست تفرقة كاملة. فالعلم، في داخل حدوده الخاصة، هو محاولة للرد على السؤال "لماذا؟". صحيح أن أعظم ما حققه من نجاح كان في مجال تفسير الظواهر على أساس كيفية حدوثها، أي على أساس الآليات الفيزيائية المتضمنة فيها. غير أنه أيضاً محاولة لإلقاء بعض الضوء على الضرورة التي تجعل الحوادث تحدث كما تحدث.

* * *

أما المعنى الثالث للسؤال "لماذا؟"– وهو أصعب المعاني وأكثرها تجريداً– فيتعلق بمشكلة "الغاية". فلأية غاية يوجد الشيء أو تحدث الظاهرة؟ لو كان فهمنا لا يقتصر على فهم الآليات والضرورة المنطقية، وإنما يشمل أيضاً الغرض النهائي للعالم المعقد المحيط بنا، لاكتملت بذلك المعرفة البشرية، ولكتب آخر فصل في كتاب العلم، وحل آخر لغز فلسفي. وعندئذ يستطيع الذهن البشري، بعد أن يغمره من كل جانب نور

معرفة معنى الكون وغايته، أن يكف أخيراً عن تجواله الدائم وسعيه المستمر وراء الحقيقة.

ولو تساءل شخص "لم كانت السماء زرقاء؟" فقد يستمع في صبر إلى التفسير العلمي للطريقة التي أصبحت بها السماء تبدو زرقاء. غير أن الإجابة قد لا تكون مقنعة له، وقد يرد عليها بقوله: "أجل، ولكن لأية غاية كانت السماء زرقاء؟" هذا السؤال قد يبدو صبيانياً، لا يكاد يستحق إجابة جادة. فمن التفاهة أن نتساءل عن وجود غاية نهائية أو كونية تخدمها زرقة السماء. ولا جدال في أننا لن نجد الإجابة ضمن ذلك النسق من المعرفة، المسمى بالعلم. ذلك لأن دراسة فيزياء الضوء والغلاف الجوي تقتصر على الملاحظات والتجارب، وعلى تلك الظواهر التي يمكن ملاحظتها والتنبؤ بها. وهذه الطريقة لا تؤدي بنا إلى تكوين أية فكرة عن الغاية المرتبطة بالسماء الزرقاء. وهكذا يمكن استبعاد هذا السؤال على أساس أنه منعدم الأهمية تماماً، ولا علاقة له بالعلم.

ولكن، لنتأمل سؤالاً آخر: "ما الغاية من وجود الإنسان؟" هل هذا السؤال يماثل السؤال السابق "ما الغاية من زرقة السماء؟" في تفاهته وصبيا نيته؟ إن هذا السؤال نفسه عن الغاية من وجود الإنسان، وعن الغاية التي نجدها في الكون في مجموعه، هو من المشكلات الرئيسية في الفكر البشري. فالفن والدين والفلسفة، كلها تهتم بمشكلة معنى الإنسان ومصيره. والأديان مبنية على افتراض أن للحياة البشرية معنى يخرج عن

نطاق وجودها المؤقت، وأن هناك غاية كونية معينة، يحققها وجود الإنسان. وكم أعمل الإنسان فكره وبذل جهده، منذ فجر العقل البشري، لحل مشكلة معنى الحياة البشرية وقيمتها، وفهم تلك المعضلة الكبرى، أعني مشكلة الغاية أو الهدف.

ولو نظرنا إلى المسألة من الوجهة العلمية، لوجدنا أن السؤال عن الغاية القصوى للإنسان يماثل في تفاهته السؤال عن الغاية من السماء الزرقاء. فهو بكل صراحة، سؤال لا يندرج تحت أي فرع للعلم الطبيعي. على أن هذا الاستبعاد الفوري لمشكلة الغاية يقتضي تفسيراً مطولاً. وهناك بعض من الناس يقولون بأن الفلسفة والدين وغيرهما من فروع المعرفة البشرية قد أخفقت في إثبات أن الحياة البشرية تخدم أية غاية حقيقة، خارج نطاق وجودها المؤقت. ونظراً إلى دقة المعرفة العلمية، وإلى النجاح الهائل الذي أحرزه العلم في مجموعه، فقد تطلع هؤلاء إلى العلم ليجدوا فيه إجابة عن السؤال عن خطة الكون وغايته.

والواقع أن قليلاً من العلماء هم الذين ينكرون احتمال أن تكون الغاية عنصراً حقيقاً عظيم الأهمية في الكون والحياة البشرية. غير أن المفاهيم المتعلقة بالغائية الشاملة لا تكون جزءاً من المعرفة العلمية لأن أية سلسلة من الحوادث يمكن أن تفسر على أنحاء متباينة. فهناك وجهات نظر عديدة ممكنة، تتفاوت بين تأكيد الصدفة العمياء غير الهادفة وبين تأكيد وجود توجيه إلهي نحو غاية علوية.

ومن الممكن تفسير سلسلة من حوادث العلة والمعاول على أساس أنها تستهدف الحادث الأخير فيها، الذي يكون في هذه الحالة هو هدف السلسلة بأكملها. هذا التفسير مشابه لما يحدث في آلة بيع الحلوى. فإذا ألقيت قطعة من ذات القروش الخمسة في آلة تبيع "الشكولاتة"، فإنك تفعل ذلك بغرض الحصول على قطعة من"الشيكولاتة". وتسبب قطعة العملة تحريك سلسلة من الحوادث الآلية، أما الحادث الأخير فهو تقديم قطعة "الشيكولاتة". وعندما تقدم هذه القطعة، تكون قد حققت الغاية منها.

غير أن الكون لا يشبه آلة بيع الحلوى، وإنما هو شيء مستمر لا يكف عن العمل، وحوادثه منتشرة وشاملة. ونحن لا نقف خارج الكون، وإنما نعيش في داخله. وإذا كانت الغاية من أي حادث لا تتعدى وقوع حادث آخر. فلابد أن تكون هناك آخر الأمر غاية نهائية كونية تتحرك نحوها دون انقطاع. غير أننا لا نستطيع أن نعالج فكرة كهذه بالطريقة العلمية، وإنما يمكننا معالجة الحوادث ذاتها فحسب.

وإذا كنا ننظر إلى الحادث النهائي على أنه لا يزيد في أهميته، أو في غايته، على أي حادث آخر في السلسلة، ففي استطاعتنا أن نعزو غاية وقيمة إلى مجرد وجود الحادث. ولو كنا ننظر إلى كل حادث طبيعي في ضرورته وغايته الباطنة، لأدي بنا ذلك إلى مفهوم مشابه لذلك الذي قالت به جرترود شتين **Gertrude Stein** في تلك العبارة التي طالما اقتبسها

الكتاب: "الوردة هي وردة هي وردة هي وردة". على أن هذه الطريقة في معالجة مشكلة الغائية ليست مرضية تماماً، إذ إننا ننظر عادة إلى الغاية والقيمة على أنهما مسئولان عن الحادث الفردي، وإن يكونا خارجين عنه. وكل ما يمكننا أن نعالجه من وجهة النظر العلمية هو قياساتنا للحوادث وملاحظتنا لها. والحادث لا يمكن أن يرد إلى غيره، وليس ثمة وسيلة لكشف ما يقع خارجه، إن كان هناك شيء يقع خارجه. وهكذا يبدو أن مناهج العلم ليست هي الأدوات الكافية لدراسة مشكلة الغاية. فالمسلمات القائلة إن الطبيعة موحدة، قابلة للفهم، ويمكن أن توصف من خلال فكرة العلية البسيطة– هذه المسلمات لا تفترض أو تتضمن وجود أي قدر من الغائية في الكون. ومع ذلك فهي تنطوي على الاعتقاد بأن للكون خطة مرسومة. أما الغاية التي تتجه إليها هذه الخطة المرسومة – إن كان ثمة غاية كهذه– فهذا مالا يسلم به على الإطلاق.

إن البحث العلمي يبدأ بشيء أو حادث يتخذ واقعة، ويسعى إلى الفهم عن طريق الملاحظة والفرض والتجربة والتفسير. على أن الغاية لا تقاس، ولا يمكن إجراء التجارب عليها. فالغاية شيء ينبغي التسليم به على أنه حقيقة أساسية، ولكن العلم لا يسلم به. ومن هنا فإن محاولة الاهتداء إلى أية غاية في القياسات العلمية، وإدراج مفهوم الغاية ضمن النظريات العلمية، تعني الخروج على مبدأين أساسيين للعلم، هما البساطة والقابلية للاختبار.

ولما كان من المحال قياس الغاية ومعالجتها بالمناهج العلمية، فمن الواجب النظر إليها على أنها طريقة في التفكير خاصة بالإنسان وحده. ولما كان هذا الموضوع طريقة في التفكير فحسب، فمن الممكن أن يكون الناس المختلفون أفكاراً مختلفة عنه. ويختلف نوع الغاية التي تعزي إلى حادث معين تبعاً لوجهة النظر ومجال الملاحظة. فنحن لا نستطيع، على أحسن الفروض، أن نعرف إن كان الإلكترون الموجود في كعب قدم الإنسان يخدم نفس الغاية النهائية التي يخدمها الإنسان بأكمله. أما فهم الغاية القصوى للكون فيحتاج إلى اتخاذ وجهة نظر نهائية أو كونية شاملة، لا يقدر عليها الإنسان بطبيعة الحال. وإذن فينبغي أن ننظر إلى فكرة الغائية على أنها فكرة تشبيهية الإنسان، يجب استبعادها من مجال العلم.

* * *

ومع ذلك، فعلى الرغم من أن باب العلم موصد في وجه فكرة الغائية، فإن هذه الفكرة تصر على الدخول خلسة من النافذة.فهي تتسلل إلى عالم البيولوجيا، حيث تخلق شتى أنواع المتاعب في تفسير السلوك والوظيفة. على أن مفاهيم الغائية التي تتسلل إلى البيولوجيا ليست أفكاراً متعلقة بأي نوع من الغاية الكونية، وإنما هي تتعلق بالغاية المباشرة، التي ترتبط بالوظيفة ارتباطاً وثيقاً.

والواقع أن من العسير أن يدرس المرء الكائنات العضوية دون أن يقتنع بأن علم الأحياء ينطوي على عنصر واضح من الغائية، يتمثل في نمو

الحيوان وتطوره من خلية بيضة واحدة، وفي أداء مختلف الأجهزة العضوية لوظائفها بطريقة متآزرة، وفي الأنماط المعقدة للسلوك، وفي فعالية التكيف المتخصص، وفي إصرار الكائن العضوي على حفظ ذاته وسط بيئة لا تكف عن معاكسته. كل هذه الخواص تبدو متجهة نحو هدف ما، وتبدو موجودة لغرض معين. وسوف نورد في الصفحات الآتية بعض الأمثلة التي لا تعدو أن تكون أنموذجياً بسيطاً لمئات الحالات التي يجد فيها عالم البيولوجيا نفسه إزاء مشكلة الغائية وجها لوجه.

إن كل كائن عضوي– سواء أكان ميكروباً أم وحشاً هائلاً– مزود بوسيلة فسيولوجية يتخلص بها جسمه من الفضلات الزائدة.ففي خلايا عملية الأيض، تتكون بعض النواتج الثانوية التي لا تفيد الكائن العضوي، بل إنها قد تضره.

ذلك لأن الغذاء الذي يتناوله الحيوان نادراً ما يكون غذاء تام التوازن، بل قد يشتمل على هذه المادة الكيمائية الزائدة. كذلك قد توجد في الطعام الذي يستهلكه الحيوان ويمتصه في جسمه مواد سامة لا فائدة منها، وعندئذ ينبغي أن تتحول المواد السامة إلى أخرى لا ضرر منها، ثم يتخلص منها الجسم. والواقع أن كل حيوان يأكل بعض المواد الكيمائية السامة في غذائه اليومي، غير أن أعراض التسمم لا تظهر إلا عندما يتناول كمية من هذه المواد تزيد على ما يستطيع الجسم التخلص منه دون عناء. والجهاز العضوي الذي يقوم بتخليص الجسم من الفضلات والمواد

الكيمائية الضارة هو جهاز الإخراج. ويتفاوت تشريح جهاز الإخراج تفاوتاً شاسعاً بين الأشكال الحيوانية المختلفة، إذ تتراوح هذه الأعضاء من تركيب صغير غريب يسمى"خلية اللهب" **Flame cell** في بعض الديدان، إلى الكلية الرفيعة التطور في الإنسان وغيره من الحيوانات العليا.

والواقع أن الكلية عضو عجيب. فهي إذ تقوم بعمل مرشح انتقائي يعمل بالضغط العالي، لا تقتصر على تخليص مجرى الدم من الفضلات الضارة، بل إنها تضبط أيضاً حجم الدم وحموضته وتوازنه الكيمائي. ومن خلال الكليتين يرشح كل الدم الموجود في الجسم الإنساني مرة كل حوالي خمس وأربعين دقيقة. وهذا يعني أن الكليتين ترشحان حوالي ١٧٥ كوورت من الدم يومياً[1]. والحق أن الكلية عضو معقد، رائع التركيب.فالأوعية الدموية التي تدخل الكلية تتفرع وتتفرع إلى ألوف الشرايين الدقيقة. وكل من الشرايين الدقيقة يؤدي إلى جهاز آلي للترشيح. وفي كل جهاز من هؤلاء، تدفع بعض المواد السائلة المذابة في الدم من خلال غشاء رقيق إلى أنبوبة تقوم بجمعها. وتتألف جدران أنبوبة الجمع هذه من خلايا خاصة، تمتص من جديد السائل المرشح وتعيد معظمه إلى مجرى الدم. غير أنها لا تعيد امتصاص كل شيء، وإنما تمتص فقط تلك الجزئيات التي يحتاج إليها الجسم– وهي الماء والسكر والفيتامينات وما إليها. أما الأملاح والمياه والفضلات الزائدة فلا يعاد امتصاصها، وإنما

---

[1] الكوورت الأمريكي يساوي ٠،٩٤٦ من اللتر.

تترك لتنزل من أنبوبة الجمع وتخرج من الكلية على صورة البول.

فإذا حدث، نتيجة للمرض أو الاختلال العضوي، إن استؤصلت إحدى الكليتين بالجراحة، فإن الكلية الباقية تكبر في الحجم، وتقوم بعمل الاثنتين، أي أنها تقوم بداورية مضاعفة، إن جاز هذا التعبير. وعندئذ يكون النشاط الزائد للكلية الوحيدة كافياً تماماً للاحتفاظ بتوازن الدم وتخليص الجسم من تراكم السموم الضارة والفضلات الكيمائية.

وإنه ليبدو من المنطقي تماماً أن نقول إن العناية من الكلية هي المحافظة على توازن الدم ونظافته كيمائياً، فتلك، على أية حال، هي وظيفتها. ويبدو أن تركيبها وآلياتها يخدمان هذه الغاية بكل وضوح. وبالفعل نجد أن المرء عندما يقوم بتدريس مبادئ البيولوجيا، تكون الطريقة البسيطة، والقريبة إلى المنطق، لتعليل وجود الكلية وتركيبها وطريقة عملها هي أن يقول إن "الغرض" منها هو الإخراج والمحافظة على الدم في حالة صحية متزنة. غير أن القول بأن الكلية تخدم غرضاً كهذا، بدلاً من القول بأنها تقوم بوظيفة كهذه، ينطوي على خروج عن العلم، إذ إنه يضيف نعمة تشبهية بالإنسان إلى ما يفترض أنه معرفة موضوعية.

ولكن، لما كانت وظائف الكلية معروفة، ولما كان دورها في إدارة دفة الجسم قد تحدد علمياً، ألا يكون لنا الحق إذن في القول بأن غايتها مفهومة بدورها؟ إننا لو كنا نعتقد بأن كل نوع حيواني قد خلق مستقلاً وبطريق مباشر في صورته "الكاملة"، لكان لنا بعض الحق في الاعتقاد بأن

الكلية قد خلقت لغاية صريحة هي أداء وظائفها الحالية. ولكن ليس من حقنا أن نكون مثل هذا الرأي المبسط عن الكائنات الحية، إذ أن كل ما عرفناه عن الكائنات الحية يوحي بالنتيجة القائلة إن النباتات والحيوانات الحالية قد تطورت من أشكال بدائية أبسط للحياة. والكلية بدورها، شأنها شأن سائر أعضاء الجسم، قد تطورت. وبالفعل أمسكن تتبع تطور الكلية المعقدة ذات الكفاية العالية في الحيوانات الثديية، من خلال شجرة نسب الحياة، إلى بوادرها البدائية الأولى. ففي خلال النمو الجنيني لطائر أو حيوان ثديي، يعاد تمثيل أجزاء من التاريخ التطوري الطويل للكلية في سلسلة من مراحل النمو الأولى.

وحتى لو نظرنا إلى تطور الأعضاء المختلفة على أنه واقعة فعلية، فربما بدا لنا مع ذلك أن من المنطقي الاعتقاد بأن الكلية توجد من أجل "غاية" الإخراج وموازنة الدم. بل إن التطور ذاته قد يكون المقصود منه خلق الكائنات الحية، وضمنها الإنسان، وتحسينها. مثل هذا التفسير قد يكون هو الأقرب إلى الصواب من بين جميع الوسائل الممكنة لإضفاء معنى على عالم الطبيعة، ومع ذلك فلا يمكن وصفه بأنه تفسير علمي، إذ لا توجد وسيلة لإثبات صحته. فمن الممكن أن توصف أية سلسلة من الحوادث الطبيعية بأن لها غاية أو ليست لها غاية. وهذا يصدق أيضاً على التاريخ التطوري لنوع من الحيوان، أو لأعضائه، أو لسلوكه.

إن التطور، بقدر ما هو معروف في العلم، يحدث أساساً بفضل تلك

القدرة على البقاء، التي تتميز بها تنوعات عضوية بسيطة ظهرت بالصدفة. فلنحاول بإيجاز، إذن، أن تخمن ماذا عسى أن تكون البدايات الأولى لتطور الكلية. فإذا وجدت مجموعة من الكائنات العضوية الصغيرة جداً، والبدائية جداً، فإن معظمها قد لا تكون لديه وسيلة خاصة للتخلص من الفضلات الضارة. وعلى ذلك فإن كلا من هذه الحيوانات لن يعيش إلا فترة قصيرة، لأنه يتسمم بالتدريج نتيجة للنواتج الثانوية لعملياته الحيوية الخاصة، (غير أن قليلاً من هذه الحيوانات قد تكون لديه وسيلة ما للتخلص من فضلاته[1]). فإذا ما تمكن أحد هذه الحيوانات، بالصدفة، من أن يعيش فترة أطول قليلاً من الآخرين، كانت لديه، نتيجة لهذا العمر الأطول قليلاً، فرصة أفضل من المتوسط في التكاثر. وبذلك تنتقل الصفة المفيدة (القدرة على التخلص من الفضلات) إلى بعض ذريته. ولما كانت هذه الذرية قد ورثت نوعاً من الجهاز الإخراجي، فإنها تكون لديها بدورها فرصة أفضل من المتوسط في البقاء والتناسل. وبمضي الوقت، تظهر في أعداد متزايدة من هذه المجموعة تلك الصفة المفيدة، وذلك نتيجة لموت من لا يملكونها محلهم. وهكذا يبدأ تطور عضو إخراجي متزايد الفعالية، حتى ينتهي إلى الكلية. ولا شك أن هذه العملية التطورية تظل مستمرة ما دامت زيادة فعالية الكلية تزيد من فرص بقاء الفرد. وبظهور جيل بعد جيل، وتكاثر هذه الأجيال وفنائها، يتطور عضو إخراجي متزايد الفعالية.

---

[1] هذه الجملة غير موجودة في النص الإنجليزي ولكننا اضطررنا إلى إضافتها لأن المعنى– ولاسيما في الجمل التالية– لا يستقيم بدونها. (المترجم)

وهكذا فإن كلية الحيوانات الثديية، بما تتصف من تعقيد وفعالية كبيرة، هي حصيلة عملية تطورية طويلة جداً.

على أنه لا يوجد موضع واحد، في تطور الكلية، يمكن القول إنها كانت تخدم فيه غاية محددة. إنها قطعاً عضو حيوي، إذ إن الحيوان يموت لو لم تكن لديه كلية واحدة على الأقل. غير أن الكلية تطورت نتيجة لانتقاء طبيعي منظم، يكاد يكون آلياً، لتنوعات أو صفات جديدة ظهرت، على ما يبدو بالصدفة. ولو نسبنا إليها غاية، بدلا من أن نقتصر على فكرة الوظيفة، لكان معنى ذلك أننا نرى لعملية التطور بأسرها هدفاً نهائياً معيناً. غير أن الغاية أو الهدف النهائي، كما رأينا من قبل، هي فكرة لا يمكن الدفاع عنها علمياً، لأنها ليست لازمة بوصفها مسلمة نهائية، فضلاً عن أنها لا يمكن أن تلاحظ أو تقاس أو تختبر.

* * *

إن الحيوان كائن ينظم نفسه بنفسه. وهو يكيف موقعه ونموه وسلوكه وعملياته الحيوية تبعاً للبيئة المحيطة به، وحسب الظروف المفروضة عليه. فالحيوان الموجود في بيئة حارة يلتمس بيئة أبرد منها، ولو وجد في جهة باردة، لبحث عن بقعة أدفأ. ولو كانت بيئته جافة أكثر مما ينبغي، لبحث عن الرطوبة. ولو أجبر على القيام بحركات عنيفة، كما في حالة الهروب من حيوان آخر يريد افتراسه، لتنفس بشدة لكي يزود أعضاءه وخلاياه بالأكسيجين اللازم لمثل هذه الحركة العنيفة. وعندما تكون معدته خالية، يبحث عن الطعام

ليملأها. كذلك يبدو أن السلوك يتضمن عنصراً واضحاً من التنظيم الذاتي، إذ إن الحيوان يقوم دائماً بأعمال تتجه إلى حفظ حياته في أفضل الظروف الممكنة. وهكذا تتصرف الحيوانات وكأن لنشاطها غاية، هي المحافظة على الذات وبقاء النوع. ففي الأفعال التي تقوم بها الحيوانات، وفي الخصائص التي تتبدي فيها، يبدو أن هناك قدراً معيناً من الغائية. وهكذا يبدو السلوك الحيواني موجهاً، بطريقة غائية، نحو أهداف محددة.

ومع ذلك فإننا عندما ندرس السلوك دراسة علمية، لا نجد شواهد كثيرة– بل قد لا نجد شواهد على الإطلاق– تؤيد الفكرة القائلة إن الحيوانات أسلك وفي أذهانها غاية أو هدف. فلو قمنا بتجربة أبعدنا فيها الهدف، فقد يستمر السلوك، دون أية غاية من وجهة النظر البشرية. فلنتأمل مثلاً سلوك الإوزة البرية في دحرجة بيضها. فهذا الطائر يبني عشاً من أعواد الأشجار وأوراقها على الأرض. فإذا ما تدحرجت إحدى بيضات الإوزة بالصدفة خارج العش، استعادتها الإوزة. ولكي نفعل الإوزة ذلك فإنها تمد عنقها خارج العش وتدحرج البيضة بعناية إلى العش عن طريق توجيهها بالجزء من منقارها. مثل هذا السلوك يبدو غائياً تماماً، ويبدو أن الإوزة تدرك أن من الضروري إعادة البيضة إلى العش، وسلوكها يهدف إلى هذه الغاية الواضحة، وهي استعادتها. ولكن إذا حدث وانزلقت البيضة في اتجاه جانبي بعيداً عن منقار الإوزة الذي يوجهها، فإن الطائر يواصل حركة الاستعادة، حتى مع عدم وجود بيضة. ولا يقف الأمر عند هذا الحد، بل

إن الإوزة تحاول أيضاً أن تستعيد أي شيء ناعم مائل إلى الاستدارة قد يضعه القائم بالتجربة قريباً من عشها. وتحاول الإوزة دحرجة هذه الأشياء إلى العش، حتى لو كانت كبيرة إلى حد يستحيل عليها معه أن تتولى أمرها بنجاح. وهكذا يبدو أن هذا السلوك بأسره إنما هو سلسلة آلية من الأفعال التي يدفعها إلى الحركة مرأى شيء على شكل البيضة بالقرب من العش.

وفي استطاعتنا أن نلاحظ في عمليات حضانة البيض التي تقوم بها الطيور، عدداً من الأمثلة الطريقة الأخرى للسلوك المثبت أو المتحجر. فالطائر المسمى بصائد المحار **oyster catcher** يبدو أنه يفضل أن يرقد على بيض كبير. ولما كان بيضه الخاص صغيراً إلى حد ما، فإنه يتخلى عنه إذا قدم إليه بيض أكبر من نفس اللون.بل إنه يحاول أن يرقد على بيضة صناعية من الضخامة حداً يعجز معه عن تغطيتها.

كذلك فإننا لو أبعدنا بيضات النورس في أثناء فترة الحضانة عن العش، ووضعناها في عش صناعي مجاور، فإن النورس لا يرقد على البيض الموجود في العش الزائف إلا وقتاً قصيراً، بينما يرقد في العش الأصلي الفارغ معظم الوقت. ولو أبعدت بيضات النورس قليلاً عن العش الأصلي، لما رقد النورس عليها على الإطلاق، بل لأكلها وجلس في عشه الخالي. والواقع أن النورس يبدي نوعاً من القدرة على التعرف على البيض، ولكن عندما يتعين عليه القيام باختيار بين العش والبيض، فإن جاذبية الأول تكون أقوى من الثاني.

وهناك أعمال كثيرة تقوم بها الحيوانات ونصفها نحن بأنها غريزية. على أن السلوك الغريزي يمكن أن يحلل تجريبياً إلى سلسلة من الحوادث السلوكية المستقلة. والسلسلة بأكملها تنطلق أو تبدأ بفعل منبه معين. فبناء العش، والمعاشرة، ووضع البيض، وفقس البيض، وإطعام الصغار، والعراك، وغيرها، ما هي إلا أمثلة قليلة لهذه الأعمال. وعلى الرغم من أنها تبدو أعمالاً تستهدف غاية في النظام البيولوجي للأمور، فإن السلوك ذاته يكون أكثر آلية وأيسر تحولاً عن اتجاهه الأصلي من أن يسمح لنا بالقول إن الحيوان الفرد يحقق غاية معينة. وهنا نلاحظ مرة أخرى أن وصف الظواهر على أساس فكرة الآلية أبسط وأضمن، على حين يتضح أن مفهوم الغائية أشد غموضاً من أن يندرج في تفسير علمي.

ولا يبدو أن الهدف من بناء العش هو وضع البيض، كما لا يبدو أن الهدف من تفريخ البيض هو أيجاد الصغار والعناية بها. فكل من هذه الأعمال هو، بقدر ما نعلم، نموذج سلوكي مستقل، يبدأ القيام به على نحو مستقل، ويضبط على نحو مستقل. وقد يدرك من يلاحظ هذه الأعمال موضوعياً أن أحدها يؤدي إلى الآخر، وأنها كلها تندرج ضمن أنموذج بيولوجي هام. غير أنه لا يوجد شيء في سلوك الحيوان يوحي بأن الحيوان ذاته كانت لديه أية فكرة عن ذلك. وإذا كان سلوك الحيوان متجهاً إلى تحقيق هدف أو غاية، فلابد أن يكون الهدف كامناً في آلية السلوك، دون أن يكون في استطاعتنا التمييز بينه وبين هذه الآلية. فإذا كانت الغائية

البادية مجرد جزء من آلية السلوك، فعندئذ يتعين علينا أن نسقط فكرة الإرادة من حسابنا عند دراسة السلوك. وبذلك يزداد هذا الفرع من البيولوجيا تبسيطاً، ويصبح اتساقاً مع بناء العلم في مجموعه. ذلك لأنه لا يوجد في المسلمات الأساسية للعلم شيء يترك مجالاً لفكرة حرية الإرادة أو حرية الاختيار.

ولقد أدرك معظم علماء البيولوجيا منذ وقت طويل أن هناك عنصراً لا يستهان به من اللايقين يرتبط بدراسة السلوك الحيواني. هذا اللايقين يتعلق بمفهوم الحرية وقدرة الحيوان على الاختيار واتخاذ القرارات. ولقد وجدنا من قبل، عند دراستنا للعالم الفيزيائي، أن مبدأ اللايقين يرغمنا على مواجهة احتمال أن تكون الصدفة المحضة عاملاً حقيقياً في الكون. وها نحن أولاء نرى الآن أن اللايقين البيولوجي فيما يتعلق بحقيقة الحرية والغائية هو مبدأ مشابه تماماً لما رأيناه في المجال الفيزيائي، فيما عدا أن من المستحيل التعبير عنه رياضياً.

والواقع أن علماء النفس وغيرهم من علماء البيولوجيا المعنيين بدراسة السلوك الحيواني، يجدون أن من الأفضل والأبسط بكثير أن يدرسوا البواعث وأنماط السلوك من خلال فكرة "الدوافع **drives**"، لا من خلال فكرة "الأهداف **goals**". ولاشك في أن الفارق بين الدوافع والأهداف أهم بكثير مما قد يبدو لأول وهلة. فالقول إن السلوك يتجه إلى تحقيق هدف، يعني أن الحيوان شاعر بغاية معينة، وأن هذه الغاية هي

السبب في سلوك الحيوان. أما تفسير السلوك على أساس الدوافع فيعني القول إن عاملاً معيناً يقوم بدور المنبه الذي تبدأ بفضله سلسلة آلية من السلوك. وفي هذه الحالة يقوم الحيوان بسلوك معين لأن هناك آلية دافعة قد بدأ تحريكها.

ولنضرب مثلاً لإيضاح الفارق بين الدوافع والأغراض. فعندما يقوم قط جائع باقتناص طائر، فإنه يفعل ذلك بطريقة مألوفة، هي أن يزحف نحو الطائر ببطء، وقد ربط بجسمه على مستوى منخفض، مثبتاً عينيه على الطائر، مع التواء طرف ذيله بالطريقة المألوفة لدى القطط. وعندما يصبح على مسافة من الطائر تتيح له مهاجته، ينقض عليه، ويقتله بعد ذلك،ثم يحمله بعيداً ليلتهمه.

هنا نجد سلوكاً غائيا: فالقط يسلك كأن في ذهنه هدفاً محدداً.هذا الهدف على ما يبدو، هو ملء معدته بالطائر. وكل أفعاله، ابتداء من التسلل حتى الانقضاض على الطائر، هي الوسيلة التي يحقق بها القط غرضه ويبلغ هدفه. وفي هذا التفسير لسلوك القط، ينبغي أن نفترض أن لدي القط معيناً من الوعي. على أن الوعي كما أوضحنا من قبل، لا يمكن أن يبحث موضوعياً. كذلك ينبغي أن نفترض أن القط ينظر إلى الطائر على أنه شيء يمكن أكله، ويشرع، مختاراً وعن قصد، في اقتناصه والتهامه.

على أن الأفضل عملياً، من نواح كثيرة، أن ننظر إلى سلوك القط على أساس آليات الدوافع. فمنظر الطائر أو رائحته يثير في القط نمطاً

سلوكياً من التحفز والتسلل، ثم يمضي القط بعد ذلك بطريقة آلية محضة في سلسلة الحوادث التي يتألف منها هذا النمط. أي أن وجود الطائر يؤدي إلى الضغط على "زر" عصبي تنطلق بعده حركة آلية معينة. ولو لم يكن القط جائعاً، أو لو كان هناك كلب يتعقبه، أو لو كان يشعر بإثارة جنسية، أو ينصرف انتباهه بفعل أي عامل آخر، لما كان للطائر هذا التأثير فيه، ولوقع الضغط على "أزرار" أخرى، وبدأ عمل آليات أخرى. وفي أثناء زحف القط نحو الطائر، تصبح آلية الانقضاض على استعداد للعمل، وتنطلق هذه الآلية عندما يكون الطائر على مسافة معينة من المجال البصري للقط، وعندئذ يقفز القط على الطائر. ويؤدي الاحتكاك بريش الطائر وجسمه إلى انطلاق سلوك العض، وعندئذ يقتل القط الطائر. ثم تؤدي رائحة الدم الحار وطعمه إلى إطلاق نمط السلوك المعروف بالتغذي، فيلتهم القط الطائر. وهكذا لا يكون من الضروري أن نفترض وجود وعي أو غرض أو اختيار، إذ إن القط لم يفعل إلا ما كان مدفوعاً إلى فعله، وما جعله تطوره مهيئاً لفعله. فالمسألة هنا لا تعدو أن تكون آلية، وسلسلة من الحوادث؛ وتلك فكرة يمكننا أن نعالجها موضوعياً وعلمياً.

والواقع أن تفسير السلوك على أساس الدوافع وأنماط السلوك المثبتة هو تفسير مريح من جهة، وعلمي تماما من جهة أخرى. فهو يتيح القيام بدراسة تجريبية فعالة عظيمة الفائدة لسلوك الحيوان. وهو ينجح نجاحاً ملحوظاً عند دراسة الحيوانات الدنيا. أما عندما ندرس حيوانات

عليا، فإن هذا التفسير يبدو أقل ملاءمة، إذ أن أفعالها تتجه إلى أن تكشف عن دلائل متزايدة على الحرية الحقيقة والغائية. ومن الواضح أن دراسة الإنسان، وهو أعلى الكائنات الحية تطوراً، وتفسير سلوكه على أساس الدوافع وأنماط السلوك المنطلقة وحدها، هو أمر لا يقبله العقل. ذلك لأن تعليل مصنف "المسيح" لهاندل، أو خطبة لنكولن في "جيتسبرج"، على نفس الأساس الذي نعلل به اقتناص القط للطائر، يمثل تشويها أحمق للعقل البشري.

وهكذا نجد أنفسنا محصورين في ركن، وقد وقعنا في شرك من صنع مناهجنا العلمية ذاتها. وليس هناك أي مخرج واضح من هذا المأزق، على الرغم من الاهتمام الكبير الذي يبديه كثير من علماء النفس بهذه المشكلة. فلابد أن ننظر إلى تجربتنا اليومية للحرية والوعي والطموح والغايات والغرضية على أنها تمثل ظواهر حقيقية بالفعل. وقد لا تكون هذه الخصائص موجودة في الأشكال الدنيا للحياة، وقد تكون خواصاً لا تظهر إلا بالقرب من قمة السلم التطوري للحياة. وقد يكون من الضروري إعادة تشكيل العلم البيولوجي بطريقة أساسية إن شئنا أن نعرف كيف نجعل لدراسة هذه الأوجه غير الآلية الواضحة في تجربتنا مكاناً في علمنا، أما حيث نقف الآن، فإن الضباب يغشى أبصارنا، وعلينا أن نتحسس طريقنا في حذر. ومن الجائز جداً أننا لن نحصل أبداً على الأدوات العلمية اللازمة لدراسة هذه الخصائص البشرية، إذ قد تكون هذه الخصائص مندمجة في تكويننا الذهني

إلى حد يستحيل معه أن تتأملها موضوعياً. فإن لم يكن ثمة أساس نستطيع به أن نخضعها للدراسة العلمية، فلابد أن تظل خارج نطاق العلم. ولكن ليس هناك في أية حالة سبب مقنع لإنكار حقيقتها.

ولقد عبر إ.و. سينوت **E.W. Sinnott**، وهو عالم بيولوجي أمريكي مشهور، عن هذا المأزق منذ وقت غير بعيد– تعبيراً بليغاً،فقال في كتابه الصغير الرائع "بيولوجيا الروح **The Biology of the Spirit**".

"لا مفر لعلم النفس من أن يشعر بشيء من الحيرة إزاء هذه الورطة التي يقف فيها بين العلم وبين التجربة اليومية. فهو لا يستطيع أن يستخف بأهمية اقتناع الإنسان بأن يسعى بحماسة إلى غايات يتوق إليها، وينبغي على علم النفس الذي يأخذ بالمذهب الآلي إما أن يفسر هذه المشاعر على أنها أوهام ليست لها صحة فعلية، وإما أن يسلم للإنسان بحريته في السعي وراء غاياته، وعندئذ يتعين عليه أن يتخلى عن مفهوم حتمية الطبيعة وقابليتها للتنبؤ. وهنا نجد أنفسنا مرة أخرى إزاء تلك المعضلة القديمة، معضلة الجبر والاختيار، التي حيرت الفلاسفة والناس العاديين منذ أقدم العصور حتى يومنا هذا. ويبدو أنه لابد لنا إذا اخترنا واحداً من هذين الطرفين، من أن نخالف واحداً أو آخر من معتقداتنا المتأصلة فينا بعمق. وأيا ما كان اعتقادنا بشأن الطبيعة النهائية للكون وعلاقتنا به، فإن هذه الصفات الغريبة في الإنسان، وهذه الغايات والأحلام والأماني، تستحق مزيداً من البحث المتوسع. ومن واجبنا ألا نخضع للإغراء الذي يدفعنا إلى

التخلي عنها لمجرد أنها لا تجد لها مكاناً مناسباً في أيديولوجيتنا العلمية الراهنة. فهذه الأمور موجودة، ولها دور في كل شيء تقوم به، ولا يمكننا أن ننكر أنها أهم العناصر المميزة في شخصية كل منا (•)".

والواقع أن من الفلسفات الشائعة إلى حد ما في القرن العشرين، القول بأن الكون ليست له غاية، وإنما هو آلة ضخمة تنشأ عرضاً وتظل تدور بلا غاية ولا معنى ولا هدف. هذه فلسفة مبعثها اليأس. "فالإنسان ليس إلا ذرة عابرة في الغبار الكوني، ولكننا جميعاً في ذلك سواء. وكل ما يمكننا أن نفعله هو أن نصمد لمصيرنا في شجاعة، ونسلك كما لو كانت للأمر أهمية حقيقة. فعلى الإنسان أن يكون أمل نفسه ومستقبل ذاته". هذه الفلسفة، التي يزعم أنها تقوم على أساس معرفة علمية، تسمى نفسها "فلسفة علمية". غير أنها في جدبها وسطحيتها تؤدي إلى تشويه كثير من المعارف البشرية، وهي ليست علمية بأية حال. ذلك لأن إنكار وجود غاية للحياة، وإنكار إمكان أن تكون هذه الغاية حقيقة كونية، يعني أن لدينا وسيلة لقياس الغاية، وأننا بعد استخدام هذه الوسيلة اتضح لنا عدم وجودها. على أن مناهج العلم ومسلماته لا تكفي لإجراء دراسة موضوعية لأمور مثل الغاية والحرية. ومن هنا لم يكن من الممكن أن تشتمل المفاهيم العلمية على الاعتبارات المتعلقة بالغاية. فالعلم، على أية حال، ما هو إلا وجه واحد من أوجه المعرفة البشرية. ويكاد يكون من المستحيل

(•) من كتاب "بيولوجيا الروح" تأليف أ. و. سينوت. (دار فيكتور جولانكز للنشر).

أن نحيا ونفكر كما لو كان هذا الوجه الواحد هو التجربة البشرية الكاملة والفهم البشري بأسره. وما أشبه إنكار الغاية على أساس عدم إمكان الاهتداء إليها في النظريات العلمية، بإنكار وجود الموسيقى لأنك لا تستطيع أن تعزف "السلام الجمهوري"على آلة حاسبة.

مصطلحات

هذه القائمة لا تشمل، بطبيعة الحال، جميع المصطلحات الموجودة في الكتاب، بل هي قائمة مختارة من أهم هذه المصطلحات، راعينا في اختيارها أن تكون أكثر من غيرها فائدة بالنسبة إلى من يقرأ كتاباً في هذا الموضوع.

A

Adaptation	**تكيف**
anti- probability force	**قوة مضادة للاحتمال**
Anthropomorphism	**التشبيه بالإنسان**
Asscmption	**مسلمة– افتراض**

B

Biogenesis	**التولد الحيوي**

C

Causality	**العلية– السببية**

cause and effete	العلة والمعلول– السبب
chain reaction	تفاعل متسلسل
Chance	الصدفة– الاتفاق
Clairvoyance	جلاء البصيرة
Concept	مفهوم (علمي)
Consistency	اتساق
controlled experiment	تجربة مدبرة أو مرسومة
Coordination	تآزر (في البيولوجيا)
D	
Data	معطيات– بيانات
Dilemma	قياس إحراج– مأزق–
Drive	دافع
E	
emergent properties (theory of)	الخصائص المنبثقة (نظرية)
extra- sensory perception (ESP)	الإدراك فوق الحسي
F	

Fact	واقعة (علمية)
free choice	حرية الاختيار
free will	حرية الإرادة
G	
genera (s-genus)	أجناس (مفرد: جنس)
geometric progression	متوالية هندسية
germ theory of life	النظرية الجرثومية للحياة
H	
Hypothesis	الفرض العلمي
I	
impulse (nerve)	دفعة (عصبية)
Insight	بصيرة– استبصار
Lnterpretation	تفسير
Intuition	حدس
M	
Mechanism	المذهب الآلي
Metabolism	الأيض

Mould	**العفن**
Mutations	**طفرات**
N	
natural selection	**الانتقاء الطبيعي**
normal distribution	**التوزيع المستوى (في**
O	
Observation	**الملاحظة**
Occam's Razor	**سكين (أو موسى) أوكام**
P	
Parapsychology	**ما وراء علم النفس**
Perception	**الإدراك الحسي**
Photosynthesis	**التمثيل الضوئي**
Phulum	**شعبة**
Anthropoda	**المفصليات**
Chordate	**الحبليات**
Postulates	**مصادرات**
purepose, purposive	**غاية (غرض)– غائي**

Q

Qunalities	صفات– كيفيات

R

Reasoning	استدلال
Deduetive	استنباطي
Inductive	استقرائي
Rellex	فمل منعكس
Conditioned	شرطي (مكيف– محكوم)
Response	استجابة

S

Species	نوع (في نظرية التطور)
spontaneous generation	التولد التلقائي
system (math)	نسق (رياضي)

T

Taxonomy	علم تصنيف الأحياء
telepathy (mental)	الاستشفاف (الذهني)
Testing	الاختبار– التحقيق

Theory	**نظرية علمية**
U	
uncertainty (principle of)	**اللايقين (مبدأ)**
variations (individual)	**تنوعات (فردية)**
Vitalism	**المذهب الحيوي**

الفهرس